

W/245

Claims Description**Elliptical satellite communication system**

Patent Number: ☐ EP1037404

Publication date: 2000-09-20

Inventor(s): HAMANO NOBUO (JP); IKEDA MASAHIKO (JP); MAEDA TOSHIHIDE (JP); YOSHIDA TOMIHARU (JP)

Applicant(s): HITACHI LTD (JP)

Requested Patent: ☐ JP2000332670

Application Number: EP20000105321 20000316

Priority Number (s): JP19990069545 19990316; JP19990191211 19990706


IPC Classification: H04B7/195

EC Classification: H04B7/195; B64G1/10A; B64G1/10M; B64G1/24A

Equivalents: CN1266800, NZ502094

Cited Documents:

Abstract

A communication line not affected by artificial structures and plants is established between mobile objects and stationary stations surrounded with skyscrapers, and economical artificial satellite service capable of efficiently performing satellite broadcast, mobile satellite communication, satellite-to-satellite communication and earth surveillance is provided using the communication line and by constructing the system with a small number of satellites. Six orbital elements 7 - 12 of a plurality of artificial satellites at reference time 5 are determined, and a plurality of elliptical orbits corresponding to the determined six orbital elements are combined, and then each of the satellites is appropriately arranged on each of the orbits to form a group of artificial satellites. Satellite communication or satellite broadcast is performed using the group of artificial satellites. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

TOP

Claims

1. A communication system comprising a plurality of artificial satellites (60-62, 70, 90) each having a communication unit traveling on elliptical orbits (63-65, 71) with an orbital period of 24 hours, each of the orbits is formed so that an orbital inclination angle is larger than 37 degrees and smaller than 44 degrees and an eccentricity is not larger than 0.24, or so that an orbital inclination angle is larger than 40 degrees and smaller than 44 degrees and an eccentricity is larger than 0.24 and smaller than 0.35.

2. A communication system comprising a group of artificial satellites (60-62, 70, 90) each having a

W1245

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-332670
(P2000-332670A)

(43)公開日 平成12年11月30日(2000.11.30)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 4 B 7/195		H 0 4 B 7/195	5 J 0 6 2
G 0 1 S 5/14		G 0 1 S 5/14	5 K 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数36 O L (全 43 頁)

(21)出願番号 特願平11-191211
(22)出願日 平成11年7月6日(1999.7.6)
(31)優先権主張番号 特願平11-69545
(32)優先日 平成11年3月16日(1999.3.16)
(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 前田 利秀
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
株式会社日立製作所内
(72)発明者 池田 雅彦
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内
(74)代理人 100075096
弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

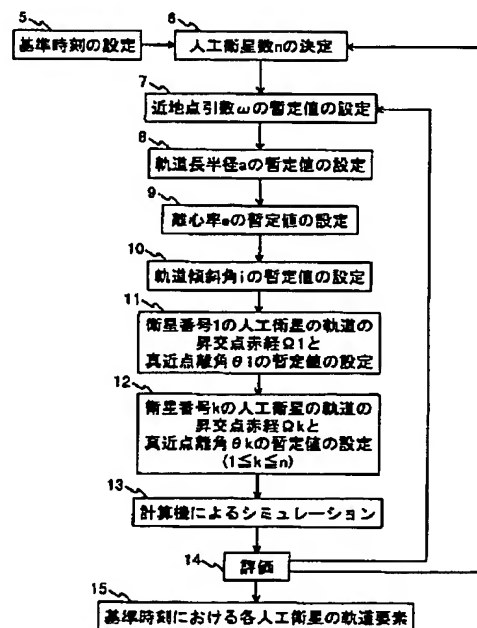
(54)【発明の名称】 通信システム、及びこのシステムにおける通信用受信装置、並びに通信端末

(57)【要約】

【課題】人工建造物や植物等に左右されない通信回線を移動体や高層ビルに囲まれた建造物内の固定局との間で成立させると共に、これを用いて衛星放送、移動体衛星通信、衛星間通信、地球観測等が効率的に行え、かつ、より少ない人工衛星数でシステムを構成出来る低廉な人工衛星サービスを提供する。

【解決手段】基準時刻5における複数の人工衛星の軌道六要素7, 8, 9, 10, 11, 12を決定し、該決定した軌道六要素に対応する楕円軌道を複数組み合わせ、その軌道上に衛星を一機ずつ適切に配置することで構成された人工衛星群を用いて衛星通信または衛星放送を行う。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である複数の人工衛星を用いたことを特徴とする通信システム。

【請求項2】遠地点が特定のサービス対象領域上に来るような複数の楕円軌道を互いに昇交点赤経が所定角度となるように設定し、各楕円軌道上に衛星を周回せしめ、前記サービス対象領域から見て天頂方向の予め定めた仰角範囲内に通信系を備えた人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように該楕円軌道上に配置される人工衛星群を用い、該人工衛星群は、24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である複数の人工衛星であることを特徴とする通信システム。

【請求項3】楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される複数の人工衛星を用いたことを特徴とする通信システム。

【請求項4】請求項1、又は2記載のものにおいて、前記人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定されることを特徴とする通信システム。

【請求項5】請求項3、又は4記載のものにおいて、前記近地点引数の設定幅が210～290度であることを特徴とする通信システム。

【請求項6】請求項3、又は4記載のものにおいて、前記近地点引数の設定幅に対して軌道上初期値が270度未満であることを特徴とする通信システム。

【請求項7】遠地点が特定のサービス対象領域上に来て、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置される人工衛星群を用い、該人工衛星群は、24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内、及び離心率が0.24

内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内であることを特徴とする通信システム。

【請求項8】サービス対象領域が、該サービス対象領域の最北端、最南端、最西端、最東端の四つの地点の緯度、経度から設定されるか、該四つの地点を頂点とする四角形に含まれない場合には、サービス対象領域全てが包含される多角形の前記四地点以外の緯度、経度から設定される領域であり、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置される人工衛星群を用い、該人工衛星群は、24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内であることを特徴とする通信システム。

【請求項9】サービス対象領域が日本全土であり、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置される人工衛星群を用い、該人工衛星群は、24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内であることを特徴とする通信システム。

【請求項10】サービス対象領域が全世界の北緯約70度から南緯約70度の範囲から選択され、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、24時間周期の

楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置され、かつ、前記楕円軌道の軌道傾斜角と離心率が組合わされてそれぞれの数値の範囲の幅で得られる人工衛星群を用いたことを特徴とする通信システム。

【請求項11】サービス対象領域が全世界の北緯約85度から南緯約85度の範囲から選択され、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置され、かつ、前記楕円軌道の軌道傾斜角と離心率が組合わされてそれぞれの数値の範囲の幅で得られる人工衛星群を用いたことを特徴とする通信システム。

【請求項12】前記人工衛星が三機、若しくは四機配置されていることを特徴とする請求項7, 8, 9, 10, 11のいずれかに記載の通信システム。

【請求項13】遠地点が特定のサービス対象領域上に来るとする複数の楕円軌道を互いに昇交点赤経が所定角度となるように設定し、各楕円軌道上に衛星を周回せしめ、前記サービス対象領域から見て天頂方向の予め定めた仰角範囲内に通信系を備えた人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように該楕円軌道上に配置される人工衛星群を用い、該人工衛星群は、人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定される複数の人工衛星であることを特徴とする通信システム。

【請求項14】サービス対象領域が、該サービス対象領域の最北端、最南端、最西端、最東端の四つの地点の緯度、経度から設定されるか、該四つの地点を頂点とする四角形に含まれない場合には、サービス対象領域全てが包含される多角形の前記四地点以外の緯度、経度から設定される領域であり、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、12時間、又は24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道

に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置され、かつ、前記楕円軌道の軌道傾斜角と離心率が組合わされてそれぞれの数値の範囲の幅で得られる人工衛星群を用い、該人工衛星群は、人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定される複数の人工衛星であることを特徴とする通信システム。

【請求項15】サービス対象領域が日本全土であり、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、12時間、又は24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置され、かつ、前記楕円軌道の軌道傾斜角と離心率が組合わされてそれぞれの数値の範囲の幅で得られる人工衛星群を用い、該人工衛星群は、人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定される複数の人工衛星であることを特徴とする通信システム。

【請求項16】サービス対象領域が全世界の北緯約70度から南緯約70度の範囲から選択され、遠地点が前記サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、12時間、又は24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置され、かつ、前記楕円軌道の軌道傾斜角と離心率が組合わされてそれぞれの数値の範囲の幅で得られる人工衛星群を用い、該人工衛星群は、人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定される複数の人工衛星であることを特徴とする通信システム。

【請求項17】サービス対象領域が全世界の北緯約85度から南緯約85度の範囲から選択され、遠地点が前記

サービス対象領域上に来て、かつ、各軌道の地上軌跡がほぼ一致する複数の楕円軌道を設定し、12時間、又は24時間周期の楕円軌道上を周回する通信系を備えた人工衛星が1つの軌道に一機ずつ配置され、前記各軌道の昇交点赤経は360度を衛星数で割った角度だけ離されると共に、前記サービス対象領域から静止衛星を見たときの最大仰角よりも高い角度位置に当該人工衛星が少なくとも一機常時可視となるように楕円軌道上に配置され、1つの人工衛星がその軌道上で近地点にあるとき、その他の人工衛星の真近点離角が、その周期を衛星数で割った時間に相当する角度ずつ離して配置され、かつ、前記楕円軌道の軌道傾斜角と離心率が組合わされてそれぞれの数値の範囲の幅で得られる人工衛星群を用い、該人工衛星群は、人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定される複数の人工衛星であることを特徴とする通信システム。

【請求項18】前記人工衛星が三機、若しくは四機配置されていることを特徴とする請求項13、14、15、16、17のいずれかに記載の通信システム。

【請求項19】前記近地点引数の設定幅が210～290度であることを特徴とする請求項13、14、15、16、17、18のいずれかに記載の通信システム。

【請求項20】前記近地点引数の設定幅に対して軌道上初期値が270度未満であることを特徴とする請求項13、14、15、16、17、18のいずれかに記載の通信システム。

【請求項21】軌道上を周回する人工衛星の軌道長半径、離心率、近地点引数、及び軌道傾斜角の四つの要素の数値がほぼ等しくなるように複数の人工衛星を配置し、前記近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定されていることを特徴とする人工衛星の軌道配置方法。

【請求項22】軌道上を周回する人工衛星の軌道長半径、離心率、近地点引数、及び軌道傾斜角の四つの要素の数値がほぼ等しく、真近点離角がほぼ360度/N（Nは衛星数）の間隔で複数の人工衛星を配置し、前記近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定されていることを特徴とする人工衛星の軌道配置方法。

【請求項23】異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星からなる通信系を備えた人工衛星群を用いた通信システムであって、前記人工衛星群は前記楕円軌道上に一機ずつ配置されており、各人工衛星の軌道要素のうち、軌道半径は軌道周期が24時間になるように設定され、各人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は前記人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内であると共に、各人工衛星の軌道配置が、軌道上を周回する人工衛星の軌道長半径、離心率、近地点引数、及び軌道傾斜角の四つの要素の数値

がほぼ等しくなるように配置され、前記近地点引数の数値に所定の幅を持たせて設定されていることを特徴とする通信システム。

【請求項24】人工衛星の追跡管制を行うための追跡管制設備であって、

前記追跡管制の対象となる人工衛星は、①24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星であること、

又は②楕円軌道上を周回する人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される人工衛星であること、

又は③請求項21、或いは22に記載の軌道配置方法により導出された軌道を周回する人工衛星であること、

又は前記追跡管制の対象となる人工衛星群は、④異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星が前記楕円軌道上に一機ずつ配置され、各人工衛星の軌道要素のうち、軌道半径は軌道周期が24時間になるように設定され、各人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は前記人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星群であること又は⑤異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星からなる人工衛星群が、各人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される人工衛星群であることを特徴とする人工衛星追跡管制設備。

【請求項25】人工衛星と、該人工衛星を介した衛星放送を受信するための衛星放送端末と、前記人工衛星を介して衛星放送端末へ放送を行う基地局とを少なくとも備えるものであって、

前記人工衛星は、①24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星であること、又は②楕円軌道上を周回する人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される人工衛星であること、

又は③請求項21、或いは22に記載の軌道配置方法により導出された軌道を周回する人工衛星であること、

又は前記追跡管制の対象となる人工衛星群は、④異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星が前記楕円軌道上に一機ずつ配置され、各人工

衛星の軌道要素のうち、軌道半径は軌道周期が24時間になるように設定され、各人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は前記人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星群であること又は⑤異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星からなる人工衛星群が、各人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される人工衛星群であることを特徴とする衛星放送システム。

【請求項26】請求項25に記載の衛星放送システムに使用される衛星放送端末であって、人工衛星を介した衛星放送を受信するための手段と、地上放送からの電波を受信する手段とを備えることを特徴とする衛星放送端末。

【請求項27】請求項25に記載の衛星放送システムに使用される衛星放送端末であって、人工衛星を介した衛星放送を受信するための手段と、人工衛星を介さない通信手段で基地局に情報を送信する手段とを備えることを特徴とする衛星放送端末。

【請求項28】請求項25～27のいずれかに記載の衛星放送端末を備えることを特徴とする移動体。

【請求項29】人工衛星と、該人工衛星を介した衛星通信を行うための衛星通信用送受信装置と、前記人工衛星を介して衛星通信用送受信装置との通信を行う基地局とを少なくとも備えるものであって、

前記人工衛星は、①24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星であること、又は②請求項21、或いは22に記載の軌道配置方法により導出された軌道を周回する人工衛星であること、又は前記追跡管制の対象となる人工衛星群が、③異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星が前記楕円軌道上に一機ずつ配置され、各人工衛星の軌道要素のうち、軌道半径は軌道周期が24時間になるように設定され、各人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は前記人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星群であること又は④異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星からなる人工衛星群が、各人工衛星の設定工程における近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される人工衛星群であることを特徴とする衛星放送システム。

【請求項30】請求項29に記載の衛星通信システムに

使用される衛星通信用送受信装置であって、人工衛星を介した衛星通信を行うための手段と、GPS衛星からの電波を受信し、自らの位置を少なくとも計測する計測手段とを備えることを特徴とする衛星通信用送受信装置。

【請求項31】請求項29に記載の衛星通信システムに使用される衛星通信用送受信装置であって、人工衛星を介した衛星通信を行うための手段と、電気、ガス、及び水道のうちの少なくとも1つについて、その使用量を計測する計測手段とを備えることを特徴とする衛星通信用送受信装置。

【請求項32】請求項29に記載の衛星通信システムに使用される衛星通信用送受信装置であって、人工衛星を介した衛星通信を行うための手段と、情報ネットワークの情報を収集・中継する手段とを備えることを特徴とする衛星通信用送受信装置。

【請求項33】請求項29に記載の衛星通信システムに使用される衛星通信用送受信装置であって、人工衛星を介した衛星通信を行うための手段と、環境をモニタする手段とを備えることを特徴とする衛星通信用送受信装置。

【請求項34】請求項29に記載の衛星通信システムに使用される衛星通信用送受信装置であって、人工衛星を介した衛星通信を行うための手段と、異常を検出する手段とを備えることを特徴とする衛星通信用送受信装置。

【請求項35】請求項30～34のいずれかに記載の衛星通信用送受信装置を備えることを特徴とする移動体。

【請求項36】地球観測装置を搭載した人工衛星から送信される観測結果を受信する観測地上局であって、前記人工衛星は、①24時間周期の楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は当該人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星であること、又は②請求項21、或いは22に記載の軌道配置方法により導出された軌道を周回する人工衛星であること、又は前記追跡管制の対象となる人工衛星群が、③異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星が前記楕円軌道上に一機ずつ配置され、各人工衛星の軌道要素のうち、軌道半径は軌道周期が24時間になるように設定され、各人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は前記人工衛星が周回する軌道の軌道傾斜角が40度よりも大きく44度以下の範囲内、及び離心率が0.24以上0.35以下の範囲内である人工衛星群であること又は④異なる3、又は4つの楕円軌道上を周回する三機、又は四機の人工衛星からなる人工衛星群が、各人工衛星の設定工程における

近地点引数の数値に、所定の幅を持たせて設定される人工衛星群であることを特徴とする観測地上局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は通信システム、及びこのシステムにおける通信用送受信装置、並びに通信端末に係わり、特に衛星通信、衛星放送、衛星移動体通信等の通信放送分野と、当該人工衛星が周回する天体に関する観測との分野で利用出来る人工衛星、その軌道、及びその軌道配置アルゴリズム、並びに当該人工衛星を適用した通信放送システムに好適な通信システム、及びこのシステムにおける衛星通信用送受信装置、並びに通信端末に関する。

【0002】

【従来の技術】(a)人工衛星の軌道要素(近地点引数)の設定に関する従来の技術
人工衛星が地球を中心に周回する場合、その軌道は地球の重力場の不均一性、月・太陽などの引力、大気抵抗、及び太陽輻射圧の影響を受けて常に変動している。その観点からすると、地球を中心に周回する人工衛星の軌道として円軌道は存在せず、多少の離心率を有した広義の楕円軌道になっている。

【0003】従って、本明細書では「楕円軌道」について、「当該人工衛星がその目的を達成するために投入される軌道の軌道要素の設定工程において、離心率が零となることを意図しておらず、離心率が零より大きく1より小さい軌道」と定義する。従来、楕円軌道を用いた人工衛星として実用化されている例として、ロシアが旧ソビエト連邦時代から使用しているモルニア衛星(軌道周期約12時間)がある。また、楕円軌道を用いた人工衛星として、ヨーロッパではアルキメデス(軌道周期約8時間)という通信衛星が提案されている。さらに実用化はされていないが、軌道周期約24時間のツンドラ軌道が提案されている。これらに共通するのは、それらの軌道傾斜角がすべて約63.4度であるという点である。

【0004】一般に人工衛星が周回する軌道の近地点は、地球の重力場の不均一性(地球形状の扁平性など)の影響により軌道面内で回転してしまうが、軌道傾斜角を約63.4度に設定すると、近地点引数の時間変化率を求める数式において乗算の一項が零になり時間変化率が零になるため、この回転が止まるとされていることによるものと考えられる。

【0005】(b)複数の人工衛星の軌道配置方法に関する従来の技術

従来、楕円軌道を周回する複数の人工衛星を用いた通信システムが実用化されたり、研究されてきたりしている。しかしながら、前述のモルニア衛星、アルキメデスなどについても複数の人工衛星を配置することは述べられているが、具体的な軌道の配置方法については述べられていない。

【0006】現在、複数の人工衛星を用いた通信システムが提案されているが、軌道は一方法に関する具体的な手法の開示は無く、具体的な軌道配置手法が求められていた。

【0007】これに対して特開平11-3496号公報では「天頂方向での滞在時間が長い軌道の人工衛星とその軌道制御方法及びそれを用いた通信システム」が提案されている。

【0008】(c)移動体通信及び移動体への放送に関する従来の技術

従来、自動車等の移動体においてテレビ放送を受信しようとする、テレビ局の放送設備から離れた地域では映りが悪くなること、テレビ局の放送設備から近い場所でも画像のちらつきがあること、移動すると受信出来るチャンネルが変わってしまうこと、等の問題点が有った。また静止軌道上の通信放送衛星からのテレビ放送を移動体上で受信しても、ビルなどの人工建造物、並木や自然地形により電波が遮られることが多く、快適にテレビ放送を移動体上で楽しむことが出来なかった。

【0009】また救急車などの移動体から画像などの大量のデータ伝送を行ったりすることも、既存の地上の通信インフラ及び通信衛星によっては実現されていない。

【0010】前記の問題などに対処すべく、自動車などの移動体に対する大量のデータ伝送のための、人工衛星の軌道要素の設定方法については、特開平11-3496号公報において提案されており、またその人工衛星の軌道要素についても提案がなされている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】以下に公知の例に基づいて、上述の(a),(b),(c)の各項目に対応して具体的に従来の技術と問題点を述べる。

【0012】(a)人工衛星の軌道要素(近地点引数)の設定に関する課題と本発明の目的

前述のモルニア衛星、アルキメデス、及びツンドラ軌道は、すべてその軌道傾斜角が約63.4度と固定されている。これは近地点の軌道面内での回転を抑制することが主目的と考えられる。一方、上記人工衛星を利用する地域がヨーロッパやロシアなどの高緯度地域であることにより、約63.4度と大きい軌道傾斜角を利用するためのメリットも有る。

【0013】日本の位置を考えた場合、最北端の択捉島が北緯約45度、最南端の沖の鳥島が北緯約20度と、中緯度から低緯度に国土が分布している。このため上記の軌道傾斜角63.4度を用いると、十分に軌道の高さが高くないと日本の国土からは利用しにくい人工衛星システムになってしまう。従って日本国土の位置に合わせた人工衛星の軌道を考えると、その軌道傾斜角は約63.4度以外の数値を採用せざるを得ず、よって軌道の近地点は回転を生じることとなる。

【0014】近地点の回転を制御するためには、人工衛

星にその制御用の推進薬を搭載することが必要になる。例えば特開平11-34996号公報において提案されている軌道要素の中で、軌道傾斜角40度、かつ、離心率が0.24の場合にシミュレーションを行った結果、軌道制御用推進薬の最大約75%を近地点引数を270度近傍に制御するために使わなければならない例も存在するため、軌道要素の設定の仕方によっては、近地点引数の制御用推進薬が全体の推進薬量に対して支配的になる場合がある。これにより当該人工衛星に搭載出来る機器が削減されたり、当該人工衛星の軌道上寿命が短くなったりする可能性が有る。

【0015】本発明は、上述の問題点を解決することを可能とするために、人工衛星の周回する軌道の軌道要素の設定段階において、軌道六要素の一つである近地点引数を設定することを目的とする。

【0016】(b)複数の人工衛星の軌道配置方法の課題と本発明の目的
軌道周期が約8時間で、近地点引数が約270度の楕円軌道を用いた通信システムが数多く提案されている。これらはヨーロッパ、北米、及び日本の三地域上空に遠地点が現れるもので、三機または六機の人工衛星を用いた通信サービスの提供を目的とするものである。三または六という衛星数の根拠については、当該三地域の上空に同時に人工衛星が巡って来るように、直感的にあるいは自然に設定されたと推測される。ここではそれ以外の機数の衛星を用いた場合については記述されていない。さらに軌道要素の設定方法については、軌道周期8時間から数学的に導出される軌道長半径20,270km、及び軌道力学的に安定とされている軌道傾斜角63.4度以外に具体的な数値の提示は無いものがほとんどであり、また、その導出方法については公表されていない。

【0017】人工衛星の軌道の地上軌跡を描く場合に、幾何学的、視覚的に二次元で表現されるのは、軌道長半径或いは軌道周期、離心率、軌道傾斜角、及び近地点引数の四つの軌道要素のみであることから、極めて概念的な設計段階においてはこれらを設定するだけでも済むことも、このように明確な軌道要素が提示されず、また、その導出方法が明示されない原因の一つと考えられる。

【0018】上記の特開平11-34996号公報では、衛星の軌道周期が約12時間及び約24時間の人工衛星の軌道要素設定方法が提案されている。また日本をサービス対象とした場合に仰角が70度以上となる場合の衛星の軌道要素と衛星数が例示されている。しかしながら、これら以外の周期の軌道の軌道要素及び衛星数については具体的な数値を挙げた提案がなされていない。また上記公知例に記載されているのは、特定地域の天頂方向に長く滞在する楕円軌道の軌道要素の設定手法であり、必ずしも人工衛星の軌道要素の設定の全てに適用出来るものでは無かった。さらに、従来提案された、或いは現在実現されている複数の人工衛星を用いたシステムについて

述べる。例えば移動体通信衛星システムではそのサービス対象を全世界としており、同一の軌道長半径、及び軌道傾斜角を有する円軌道(離心率が零)を周回するもので、その他の軌道要素及び導出の方法については公表されていない。これは当該人工衛星を用いたシステムの考案者のノウハウと考えて公表されていないものと思われる。またこれまでに実現されてきた地球観測システムでは、全世界をくまなく観測出来るように、太陽同期準回帰軌道を周回する人工衛星を組み合わせたものであった。一方、特定の地域に対して集中的且つ連続的に通信サービスまたは観測を行う場合には静止衛星が用いられている。

【0019】本発明では、任意の数の複数の人工衛星を用いて、人工衛星が周回する天体の特定の地域に対して通信サービス、放送サービスを集中的且つ連続的に提供しようとする場合、あるいは人工衛星が周回する天体の特定の地域や当該地域の気象を集中的且つ連続的に観測する場合において、人工衛星の軌道要素を設定するために普遍的に適用出来る方法、特に任意の数の複数の人工衛星の軌道長半径、離心率、軌道傾斜角、近地点引数、昇交点赤経及び真近点離角の設定手法を明らかにし、その方法に従って軌道を設計した場合の軌道要素の具体的な数値を明らかにすることを目的とする。

【0020】(c)移動体通信及び移動体への放送に関する課題と本発明の目的

移動体に対する大容量通信については、一般加入電話、携帯電話、簡易型携帯電話などの既存の通信インフラで対応出来ていないのは明らかである。

【0021】また人工建造物、自然地形などにより通信遮断を起こしやすい静止衛星通信システムも、移動体に対する大容量通信について対応出来ていない。

【0022】現在整備が進められているイリジウムなどの低中高度を周回する衛星通信システムは高仰角に衛星が可視となる時間が数分と短いため、明らかに移動体に対する大容量通信について対応出来ないのは明らかである。

【0023】上記の各種通信システムは移動体との通信に対して十分対応出来ないが、移動体へのデジタルテレビ放送・デジタル音声放送などを考えるとさらにそれらの適用性については否定的にならざるを得ない。

【0024】人工衛星による移動体への放送サービスを考えると、人工衛星はサービス対象となる地域範囲内において高仰角の方向に長い時間にわたって安定して可視となることが必須である。

【0025】本明細書において「人工衛星が可視」とは、「地球上に設置された人工衛星追跡管制用地球局及び各種の衛星通信用送受信装置と、人工衛星との間の通信を、電波または光によって行うことが出来る空間領域に人工衛星があること」と定義する。

【0026】これを実現するには、一般にサービス対象

となる地域の上空に遠地点が来る楕円軌道が好ましいと考えられているが、その軌道要素の適切な設定方法やアルゴリズムに関しては確固としたものは、特開平11-34996号公報以外には提案されていない。

【0027】上記特開平11-34996号公報で提案されている軌道要素では、その離心率の最低値が0.24である。当該離心率でも地上から衛星までの距離は、当該地点から静止衛星までの距離よりも一般的に大きくなるため、以下のような問題点があり、改善の余地がある。

【0028】①電波伝搬上の自由空間損失が大きくなり、人工衛星に搭載される通信・放送用機器に高い送受信能力が要求されることになる。具体的には、人工衛星側には、より大きなアンテナまたはより大きな送信出力を有する送信機、及び受信能力の高い受信機が必要になる。地上側では、衛星通信用の送受信装置に同様により大きなアンテナまたはより大きな送信出力を有する送信部及びより受信能力の受信部が必要になる。

【0029】②また地上からの距離が大きいことから、通信の遅延が大きくなる。

【0030】さらに離心率がやや大きいため、サービスを行っている人工衛星との距離が、サービス対象とする地域の端部と反対方向の端部において異なることになる。これにより、放送サービスを行う人工衛星を切り替える際に、放送途絶時間が生じる可能性がある。

【0031】本発明は、以上の問題点を鑑みてなされたもので、特開平11-34996号公報で提案されている軌道要素を、「地上との通信」という観点から改善したものであり、日本国土上という特定のサービス地域の領域範囲内でより有効な軌道要素の範囲を設定することを目的とする。

【0032】本発明では、上述の(a),(b),(c)で挙げた問題点を個々に解決することも目的としているが、(a),(b),(c)いずれかの組み合わせ、または(a),(b)、及び(c)のすべてを同時に解決することを目的としている。(a),(b)、及び(c)を全てまとめて解決することにより、日本国土という特定の地域に対して、複数の人工衛星を用いて移動体通信、移動体放送を容易ならしめる、人工衛星の軌道要素の導出方法を示すと同時に、日本国土に適応した軌道要素を範囲限定で示すことをも目的としている。

【0033】さらに、本発明は、上述の(a),(b),(c)で挙げた問題点を解決した上で、複数の人工衛星を利用する各種システムを構築することを目的としている。

【0034】

【課題を解決するための手段】ここでも前項の(a),(b),(c)で挙げた課題に対応して述べる。

【0035】(a)軌道六要素の一つである近地点引数の設定に関して

一般に人工衛星を用いた計画では、当該人工衛星が稼働

すべき期間をミッション寿命として定義する。このミッション寿命期間中に亘り、近地点引数をまったく制御しない場合に、人工衛星がその目的を達成するために投入されるべき軌道に投入された直後の初期値の近地点引数からどの程度変動するかを、コンピュータを用いて精度良く推定する必要がある。

【0036】上記目的を達成するために本発明では、人工衛星が周回する軌道の軌道要素の近地点引数の初期値は上記の推定値を利用して設定されるものとする。

【0037】上記目的を達成するために本発明では、自らの姿勢を検出することを目的とした姿勢センサと、検出した姿勢データを処理する計算機と、当該計算機により姿勢を維持または変更するためのアクチュエータまたはガスジェット装置と、自らの軌道を変更するためのガスジェット装置と、電波により当該人工衛星と管制局との通信回線を成立させるための通信装置とを具備することを特徴とする人工衛星を用いる。当該人工衛星が周回する中心天体が地球である場合、当該人工衛星には、GPS衛星からの電波を受信するとともに自らの位置と速度を計算する装置を具備していても良い。ここでGPS衛星とは、米国のGlobal Positioning System (GPS)を構成するNavstar衛星、同じく航法用のロシアのGlonass衛星、日本の運輸多目的衛星などを総称するものである。

【0038】(b)複数の衛星の軌道配置方法について上記目的を達成するために本発明では、人工衛星が周回する軌道は、当該人工衛星を利用して行われるサービスの対象となる特定の地域と、当該人工衛星の数と、当該サービス対象地域への当該人工衛星によるサービスの頻度と、当該サービス対象地域への当該人工衛星一機によるサービス継続時間と、軌道要素を定義する基準時刻とを入力条件として求めた軌道六要素によって定義されるものとする。

【0039】より具体的には、軌道要素の決定に際しては、人工衛星数の決定工程、軌道長半径の決定工程、離心率・軌道傾斜角・近地点引数の設定工程、昇交点赤経の設定工程、真近点離角の設定工程、及び上記軌道長半径の決定から真近点離角の設定工程に至る全ての工程の繰返しにより、軌道六要素が決定される。

【0040】上記目的を達成するために本発明では、(a)と同様な人工衛星を用いてもよい。

【0041】(c)移動体通信及び移動体への放送に関して

上記目的を達成するために本発明では、(a)と同様な人工衛星を用いてもよい。

【0042】また、上記目的を達成するために本発明では、楕円軌道上を周回する人工衛星の軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内、及び離心率が0.24未満の範囲内であるか、又は軌道傾斜角が40度より大きく44度以下の範囲内にあり、離心率が0.24以上0.3

5以下の範囲内にある24時間周期の、3または4つの楕円軌道を周回する、三機または四機の人工衛星からなる人工衛星群を用いる。ここで人工衛星は各軌道に一機ずつ配置される。ここで軌道周期が24時間と言った場合、本明細書では24時間とは23時間56分に対して±10分の誤差を含んだ時間長と定義する。

【0043】以下は上記(a)、(b)、及び(c)に共通して用いられる手段である。

【0044】上記目的を達成するため本発明は、人工衛星の軌道を制御するための軌道制御システム、人工衛星を介して衛星通信を行う衛星通信システム、地球観測装置を搭載した人工衛星を用いる地球観測システム等の、様々な人工衛星を利用するシステムにおいて、上記本発明による軌道を備えた人工衛星を用いる。

【0045】またここで、衛星通信システムにおける衛星通信送受信装置は、本発明による人工衛星が対象とするサービス対象地域内で使用される際には、当該人工衛星との信号の送受信を行うための送受信手段を備えるものであって、当該サービス対象地域内を移動する移動体に搭載してもよい。また、送受信装置に、全地球測位システムを構成するGPS衛星からの電波を受信し自らの位置を少なくとも計測するGPS手段や、電気、ガスおよび水道等の公共料金の対象となるもの等について、その使用量を計測する計測手段をさらに備えるようにしてもよい。

【0046】また、上記目的を達成するために本発明は、人工衛星を介して衛星通信を行う衛星通信システムにおいて、人工衛星と、該人工衛星を介した衛星通信を行うための衛星通信送受信装置と、該人工衛星を介して該衛星通信送受信装置との通信を行う基地局とを少なくとも備えるものであって、前記人工衛星は楕円軌道を周回する人工衛星であり、前記衛星通信送受信装置は、移動体に搭載可能なもので、前記人工衛星が対象とするサービス対象特定地域内で使用される際に、当該人工衛星との信号の送受信を行うための送受信手段を備える。

【0047】また、上記目的を達成するために本発明は、人工衛星を介して衛星通信を行う衛星通信システムにおいて、人工衛星と、該人工衛星を介した衛星通信を行うための複数の衛星通信送受信装置とを少なくとも備えるものであって、前記人工衛星は楕円軌道を周回する人工衛星であり、前記複数の衛星通信送受信装置は、前記人工衛星を介して他の衛星通信送受信装置との信号の送受信を行うための送受信手段をそれぞれ備えるものであり、前記複数の衛星通信送受信装置のうち少なくとも1つは、前記サービス対象地域内に位置し、その他は該サービス対象地域以外で、かつ、前記人工衛星との衛星通信が可能な地域に位置するものであり、前記人工衛星のサービス対象地域から見た当該人工衛星の仰角に応じて、前記サービス対象地域内に位置している

衛星通信送受信装置間の中継、前記サービス対象地域内の衛星通信送受信装置とそれ以外の地域に位置する衛星通信送受信装置との中継、および前記サービス対象地域以外の地域に位置する衛星通信送受信装置間の中継のうちいずれかの中継形態が選択される。

【0048】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した、

- ・軌道要素を設定するための手法(アルゴリズム)
- ・そのアルゴリズムによる軌道要素の設定値と軌道配置の例
- ・設定した軌道要素を実現し、制御するための方策
- ・本発明による軌道上を周回する人工衛星を適用したシステム

の実施形態について順に説明する。

【0049】(1)軌道要素を設定するための手法(アルゴリズム)

ここでも上述の(a)、(b)、及び(c)に対応して、(a)及び(b)について、その手法をそれぞれ述べる。(c)の課題については(a)により近地点引数の設定について、及び(b)の手法により複数の人工衛星の配置方法が解決されるので、先ずここでは日本における当該人工衛星群を用いて移動体放送・通信する場合に適した軌道要素の数値範囲について述べる。

【0050】根室、札幌、仙台、新潟、東京、名古屋、金沢、大阪、広島、高知、福岡、鹿児島、及び那覇の13都市から同時に、軌道上を飛翔する人工衛星が仰角70度以上に見える時間長を評価の指標とし、軌道周期が24時間となる軌道の軌道要素の組合わせを考える。

【0051】人工衛星の軌道は、ある時刻における人工衛星の位置と速度が与えられれば一意に決まる。従って、6つの軌道要素がある時刻において与えられれば良い。ここでは軌道要素の記述の仕方として、ケプラー軌道要素を用いることにする。ケプラー軌道要素は、楕円の大きさを表す軌道長半径、楕円の偏平度を表す離心率、軌道面の傾きを表す軌道傾斜角、軌道が赤道面を南から北に通過する昇交点と地心を結んだ直線が春分点方向となす角を示す昇交点赤経、昇交点から近地点までの角度を示す近地点引数、及びある時刻における人工衛星の軌道上の位置を地心を中心として近地点から測った角度である真近点離角という6つの軌道要素からなる。真近点離角の代わりに平均近点離角、又は離心近点離角を用いても良い。

【0052】軌道周期が24時間であるので、これにより軌道要素の一つである軌道長半径が与えられる。次に軌道要素の一つである近地点引数を270度に固定する。この軌道長半径、及び近地点引数を有する軌道において、軌道傾斜角と離心率という2つの軌道要素の組合わせを考える。これにより当該軌道の地上軌跡の形状は一意に決定される。残りの軌道要素である昇交点赤経と真近点離角が基準時刻に対して決定されれば、当該軌道

の地上軌跡の東西方向の位置が決定される。この時に上記の13都市から仰角70度以上に同時に当該人工衛星が可視となる時間長が求められる。従って、昇交点赤経と真近点離角の組合わせを同一の基準時刻に対して順次変えていくことにより、当該軌道の地上軌跡が東西方向に移動し、これにより、昇交点赤経と真近点離角の組合わせに対する上記の各都市から仰角70度以上に軌道の人工衛星が可視となる時間長が順次求められてゆく。これらと比較することにより、最終的に軌道傾斜角と離心率の組合わせにおける上記の13都市から同時に仰角70度以上に人工衛星が可視となる時間長の最大値が求められる。

【0053】図35は、上記の手順により求めたもので、軌道傾斜角が35度から44度までの範囲について、離心率が0.0 から0.35 までの範囲で変化させた時間に、その軌道傾斜角と離心率の組合わせで与えられる最大同時可視時間長を示している。例えば軌道傾斜角が35度で離心率が0.20 の時には最大同時可視時間長は約6時間であることが図35から判る。

【0054】最大同時可視時間長が6時間45分以上となる部分で離心率の範囲を0.09から0.25 までを詳細に示したものが図36である。

【0055】図36より、最大同時可視時間のうちで最大値を与えるのが、軌道傾斜角42.5度と離心率0.21の組合わせであることが判り、この時最大同時可視時間長が8時間より大きいことが判る。図37に上記の13都市から当該人工衛星方向を見たときの仰角の時間変化図を示す。仰角70度以上になる時刻が一番遅いのが札幌であり、仰角70度以下になる時刻が一番早いのが根室であることから、この2つの時刻間の時間長が8時間よりも大きくなっている。

【0056】図37からも判るとおり、那覇では仰角が大きくなってから減少に転じ、その後再び仰角が増加し、最終的に仰角が減少するように仰角が変化している。この場合における那覇から当該人工衛星の見える方向を天空図に示したのが図38である。図38は星座早見盤と同じ見方をすればよく、同心円の中心が天頂であり、上が北、右が西、下が南、左が東をそれぞれ向いている。同心円は仰角で20度毎に描かれている。また、周囲に方位角を10度毎に示している。プロットしてあるのは1時間毎の人工衛星の天空上の位置であり、それを天空上の軌跡という形で結んで描いたものである。

【0057】図38から那覇では人工衛星が可視となる方向が、天頂方向から北の水平線方向に移動していることが判り、これにより、図37での仰角の時間変化が説明できる。図37で他の都市についても同様の仰角の時間変化は、これと同じ天空図により説明することができる。図35及び図36において、軌道傾斜角44度での最大同時可視時間が短くなっているのは、このように那覇では人工衛星の可視となる方向が地平線方向に動きす

ぎてしまい、一度仰角70度以下になって、また仰角70度以上の方向に戻ってしまうことにより、同時可視時間長を短くしてしまっていることに起因するものである。

【0058】人工衛星三機で一日24時間のサービスを行う場合には、この最大同時可視時間長が8時間以上となる軌道傾斜角と離心率の組合わせが好ましく、人工衛星四機で一日24時間のサービスを行う場合には、この最大同時可視時間長が6時間以上となる軌道傾斜角と離心率の組合わせが好ましい。軌道傾斜角と離心率の組合わせについては図35及び図36を参照すれば良い。

【0059】複数の楕円軌道を周回する人工衛星を用いて放送サービスを行う場合には、放送サービスを行う人工衛星を順次切り替えてゆく必要があり、上記のように移動体放送・通信を行う場合には、複数の都市から同時に人工衛星が高仰角に可視となることが重要である。

【0060】(a) 近地点指数の設定方法

ここでは後述の(b)に述べた方法などにより、他の軌道要素である軌道長半径、離心率、軌道傾斜角が設定されたものとする。

【0061】日本国土などの特定地域をサービス地域とする場合には、ある基準時刻における昇交点赤経を設定すれば、当該サービス地域の上空を人工衛星が飛翔するためには、真近点離角はある範囲をもって与えられる。

【0062】近地点指数の設定に当たっては、上記の軌道要素と基準時刻を入力条件としてコンピュータでシミュレーションして設定する。

【0063】公知の例として、24時間周期の軌道で、軌道傾斜角が40度、離心率が0.24の場合について、10年間に亘る軌道要素の変動をコンピュータによりシミュレーションした結果を表1に示す。この10年間というのは、前述のミッション寿命を10年間とした場合を想定したものである。この10年間については、まったく軌道修正用の制御、具体的には当該人工衛星に搭載されているガスジェット装置の軌道上での噴射、をまったく行わなかった場合のシミュレーション結果である。

【0064】

【表1】

表 1

時 期	年 月 日	時刻(UTC)	軌道長半 径(km)	離心率	軌道傾斜角 (度)	昇交点赤経 (度)	近地点引数 (度)	真近点離角 (度)
初期値	2000年2月1日	0:00:00	42,164	0.240	40.0	357.5	270.0	0.0
365日後	2001年1月31日	0:00:00	42,183	0.239	39.8	352.1	278.0	271.5
730日後	2002年1月31日	0:00:00	42,158	0.237	39.6	346.7	286.0	236.5
1095日後	2003年1月31日	0:00:00	42,149	0.235	39.3	341.5	294.5	310.0
1460日後	2004年1月31日	0:00:00	42,175	0.234	38.9	336.3	303.0	316.3
1825日後	2005年1月30日	0:00:00	42,174	0.233	38.5	331.1	311.7	231.0
2190日後	2006年1月30日	0:00:00	42,147	0.233	38.0	326.0	320.7	246.2
2555日後	2007年1月30日	0:00:00	42,162	0.234	37.5	320.8	329.8	313.2
2920日後	2008年1月30日	0:00:00	42,183	0.236	36.9	315.5	339.0	247.2
3285日後	2009年1月29日	0:00:00	42,157	0.239	36.3	310.2	348.2	216.2
3650日後	2010年1月29日	0:00:00	42,157	0.242	35.5	304.6	357.4	278.6

【0065】表1に示した軌道要素を採った場合の軌道の地上軌跡を図1に示す。地上軌跡は、表1の初期値、1095日後、2190日後、および3650日後の、それぞれの軌道要素を元に一日間に亘りそれぞれ軌道伝搬したものである。

【0066】初期値から3650日後までの軌道の地上軌跡を眺めると以下のことが判る。ここで、1は基準時刻から1日間に亘っての軌道の地上軌跡、2は基準時刻から1095日後から1096日後に亘っての軌道の地上軌跡、3は基準時刻から2190日後から2191日後に亘っての軌道の地上軌跡、4は基準時刻から3650日後から3651日後に亘っての軌道の地上軌跡を表す。

【0067】・軌道の地上軌跡が2190日後までは時間の経過と共に西側に移動しており、その後3650日後までは時間の経過に従い東側に移動している。

【0068】・軌道の地上軌跡が2190日後までは時間の経過と共に斜めになって行き、北側の端が鋭角になって行く。

【0069】・時間の経過とともに、軌道の地上軌跡において南北方向の到達緯度の範囲が狭くなって行く。

【0070】先ず最初の西側への移動については、各々の時点における昇交点赤経に対応するように真近点離角を調整する軌道修正を行うことにより、軌道の地上軌跡東側に戻して日本上空に当該地上軌跡を移動することが出来る。この軌道修正は静止衛星の軌道の東西制御と同じ方法論である。従って、例えばこの制御は、近地点、遠地点、最後に近地点という3カ所で、当該人工衛星のガスジェットを噴射することで実行可能である。この時、真近点離角とともに軌道長半径および離心率の修正も行うことが出来る。この制御による離心率の修正によって、2番目に挙げた地上軌跡の北側の鋭角化を元に戻す方向に修正することが出来る。

【0071】3番目に挙げた南北方向の到達範囲の縮小については、軌道傾斜角の減少に起因するものであり、静止衛星の軌道の南北制御と同様の方法論で修正出来る。具体的には、当該人工衛星が軌道上で赤道面を通過する時に、軌道面に垂直方向にガスジェット装置により推進薬を噴射すれば良い。

【0072】以上の2通りの制御については、30日毎、60日毎など定期的に実施すればよく、定期的な制御の実施により軌道長半径、離心率、軌道傾斜角をノミナル値または軌道要素設定時の値の近傍に制御することが出来る。

【0073】ここで問題となるのが2番目に挙げた、軌道の地上軌跡が斜めになって行く現象である。これは近地点引数の変動に起因するもので、静止衛星などの円軌道では見られない現象である。

【0074】先に述べた通りコンピュータでシミュレーションした結果、表1に示した通り、近地点引数は初期値の270度から、約10年後には357.4度まで約90度変化している。近地点引数の変動を許容せず、上記の軌道制御と同様に近地点引数を制御するためのガスジェット装置の噴射を行う場合、このガスジェット装置の噴射は、当該人工衛星が軌道上で赤道面を通過する昇交点直前または降交点通過直後に軌道面内方向に行われることで制御が行われるが、多量の推進薬を消費することになる。表2に、四機の人工衛星を、昇交点赤経が90度ずつ離れた4つの軌道上に配置した場合に、定期的な軌道制御を行った時に必要となる軌道制御用の増速度量についてシミュレーション結果を示す。これは一年間に必要な増速度量である。

【0075】

【表2】

表 2

(単位: m/s)

制御の種類	衛星 1	衛星 2	衛星 3	衛星 4	備 考
真近点離角, 軌道長半 径、及び離心率の制御	94.11	25.25	75.76	42.12	制御頻度=60日
近地点引数の制御	74.59	146.56	1.03	105.82	制御頻度=60日
軌道傾斜角の制御	5.88	21.10	17.98	34.24	制御頻度=60日
合計	174.58	192.91	94.77	182.18	

【0076】表2からも判るように、軌道配置の場所にも依るが、近地点引数の制御のために必要な増速度量は、最大で全体の軌道制御のための増速度量の3/4程度まで占めることが判る。これにより軌道制御のために噴射するガスジェット装置の消費する推進薬量が必然的に増大してしまうため、最悪の場合、人工衛星に搭載する機器を削減したり、ミッション寿命を短くしたりしなければならない。

【0077】そこで本発明では、近地点引数の設定工程において予め近地点引数の変動をある程度許容し、その値に幅をもたせて設定することとする。

【0078】上記の例で90度の変動を許容出来るのであれば、例えば近地点引数の初期値を235度に設定すればミッション寿命10年後に近地点引数は325度程度になることが予想される。この時ノミナル値を270度とすれば、これを±45度の範囲で挟んだ形で近地点引数の制御無しで、軌道の地上軌跡、ひいては地上からの可視性を保つことが出来る。

【0079】近地点引数の制御をしないことを前提として軌道要素の設定を行うことで、当該人工衛星に搭載すべき推進薬量の大幅な削減が可能となる。

【0080】また90度の変動が許容出来ない場合、ミッション寿命が10年の時、例えばミッション開始から5年後に近地点引数の制御を行い、近地点引数を初期値に戻す、という方法もある。表1に挙げた例では、約5年後の近地点引数は約312度であり、初期値の270度から約42度変動している。この時、初期値を249度に設定すれば、5年後には約291度程度まで変化していることが予想され、この時ノミナル値を270度とすれば、これを±21度の範囲で挟んだ形で地上軌跡、ひいては地上からの可視性を保つことが出来る。さらに5年後に再び初期値に戻し、ミッション寿命の延長を図ることも考えられる。

【0081】ここでは5年後の例を挙げたが、許容される近地点引数の幅に応じて制御頻度を1年、3年などに設定すれば良い。

【0082】また、ミッション寿命を10年とした場合に、近地点引数の許容される幅に応じて初期値を設定

し、許容される近地点引数の幅の限界値に至った時点で初期値に戻す制御する方法も考えられる。例えば表1の例で約6年後の近地点引数が約321度であり初期値から約51度変化していることから、近地点引数の初期値を255度とし、ノミナル値270度をはさんで近地点引数を±25度の範囲に収めるべく、6年後に近地点引数を初期値に戻す制御方法もある。この時ミッション寿命の残りの4年間は初期値から4年間分変化してゆくことになる。

【0083】次に、さらに具体的な例について述べる。

【0084】(1)の冒頭にて図35及び図36を用いて、日本に対して移動体向け放送・通信サービスを複数の人工衛星群により行う場合に好ましい軌道要素について述べた。図36より、各軌道傾斜角毎に13都市からの最大の同時可視時間を与える離心率の組み合わせが得られる。具体的には軌道傾斜角が40度の時間に離心率0.16が最長の最大同時可視時間長を与えている。

【0085】このような組み合わせを(40度, 0.16)と記述するとすれば、他に(40度, 0.18), (42度, 0.20), (42.5度, 0.21), (43度, 0.22)及び(43.5度, 0.24)が得られる。これらの組み合わせに対して、今度は近地点引数を変化させたときに、同様に前述の13都市から仰角70度以上に同時に人工衛星が可視となる。その同時可視時間長がどのように変化するかを示したものが図39である。

【0086】例えば(42.5度, 0.21)の組み合わせを見ると、近地点引数が約223度から270度の範囲にあるとき、最大同時可視時間長が8時間以上となっており、近地点引数が270度よりも大きくなると最大同時可視時間長は単調減少に転じる。他の組み合わせについても220度から230度を近地点引数の下限とし、270度を近地点引数の上限とすると、長い年月に亘り良好なサービスを提供できることが判る。しかしながら、人工衛星三機で一日24時間のサービスを提供する場合には、最大同時可視時間長が8時間以上となる近地点引数の範囲を、その設定幅とすればよく、人工衛星四機で一日24時間のサービスを提供する場合には、最大同時

可視時間長が6時間以上となる近地点引数の範囲を、その設定幅とすれば良いので、近地点引数の下限を220度～230度に設定する必要はない。

【0087】参考として、(42.5度, 0.21)の組み合わせについて、近地点引数が210度, 230度, 250度, 270度, 290度、及び310度になった場合に最大同時可視時間を与える軌道のそれぞれの地上軌跡を図40, 図41, 図42, 図43, 図44、及び図45に示す。

【0088】ここで注意しなければならないことは、人工衛星の軌道が近地点引数の変化により、軌道面内で回転してゆくので、ある近地点引数のとき、静止軌道と交差する点が生じることである。図46に、それぞれの離心率毎に静止軌道と交わる時の近地点が南半球上空にある場合には、図46に示したように昇交点側が交わる場合と降交点側が交わる場合の2つのケースがあり、近地点が北半球上空にある場合にも同様に2つのケースがある。(42.5度, 0.21)の組み合わせの場合、離心率が0.21であるから図46に示した通り、近地点引数が257.9度、及び282.1度で静止軌道と交差する。実際の人工衛星の運用に当たっては、静止軌道と交差する直前に軌道制御を行い、近地点引数を変化させ、静止軌道と交差しないようにすればよい。

【0089】参考までに人工衛星3機で一日24時間のサービスを提供しようとした場合に、衛星3機を用いた(42.5度, 0.21)の組み合わせにおいて、近地点引数が220度, 230度, 250度, 270度, 290度及び310度をとった時に、仰角70度以上に何れかの人工衛星が可視となる時間率(%)のシミュレーション結果の例を図47～図52に等高線で示した。同様に人工衛星4機で一日24時間のサービスを提供しようとした場合に、衛星4機を用いた(42.5度, 0.21)の組み合わせにおいて、近地点引数が220度, 230度, 250度, 270度, 290度及び310度をとった時に、仰角70度以上に何れかの人工衛星が可視となる時間率(%)のシミュレーション結果の例を図53～図58に等高線で示した。「100」で囲まれた部分が時間率100%になる地域を示しており、「95」で囲まれた部分が時間率95%以上になる地域を示している。このように近地点引数に幅を持って設定することで、先に述べた通り人工衛星の軌道制御の要求を緩和させしめ、かつ日本の大部分に対して高仰角での衛星通信・放送サービスを提供せしめることが出来る。

【0090】なお、2001年10月1日0:00:00(UTC)を基準時刻として、(42.5度, 0.21)の組み合わせについて、軌道制御を全く行わなかった場合の3年間に亘る長期軌道予測シミュレーションを行った結果を図59～図62に示す。それぞれの軌道要素の初期値として、軌道周期24時間、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点引数270度とした場

合のものである。図59に離心率、図60に軌道傾斜角、図61に近地点引数、図62に昇交点赤経について、それぞれ長期変動量を示している。図の横軸は初期値となる昇交点赤経を示している。それぞれの軌道要素の変動量は、初期値の昇交点赤経に依存していることが判る。近地点引数の変動量についても、昇交点赤経の初期値に依存しているので、実際に複数の人工衛星を用いる場合には、昇交点赤経の初期値に応じた変動量を考慮して近地点引数の初期値を設定しても良い。例えば昇交点赤経の初期値が190度近辺であった場合、長期に亘りほとんど近地点引数の変動が観られない。従って一機の人工衛星の昇交点赤経の初期値を190度にとることによって軌道制御を簡略化することも出来る。

【0091】(b)複数の人工衛星の軌道配置方法
ここでは本発明による軌道要素の設定方法について順に述べる。この設定方法を図2にフローチャートで示す。

【0092】複数の人工衛星を用いて特定の地域を集中的且つ連続的にサービスする場合、各人工衛星の直下点の地上軌跡が一致しなければならない。これを満足するためには、各人工衛星の軌道要素のうち、軌道長半径、離心率、軌道傾斜角、及び近地点引数がほぼ一致しなければならない。従って、以下の工程において、軌道長半径、離心率、軌道傾斜角、及び近地点引数はすべての人工衛星の軌道要素として共通に設定し、ある基準時刻における昇交点赤経、及び真近点離角を各人工衛星別に設定する。

【0093】(ア)基準時刻の設定(符号5)
人工衛星の軌道六要素を定義するための基準時刻(Epoch)を設定する。

【0094】(イ)人工衛星数nの決定(符号6)
人工衛星数n(nは正の整数)を決定する。

【0095】(ウ)近地点引数 ω の暫定値の設定(符号7)
任意の近地点引数 ω を暫定値として与える。

【0096】ここで北半球にある特定地域をサービス対象とした場合に、通信・放送等のサービスを行うに当たり、当該特定地域の上空に人工衛星軌道の遠地点が有った方が好都合な場合には、近地点引数のノミナル値を270度とすると有利な場合が多く、当該人工衛星の周回する中心天体の観測等を行うに当たり、当該特定地域の上空に人工衛星軌道の近地点が有った方が好都合な場合には、近地点引数のノミナル値を90度とすると有利な場合が多い。南半球の特定地域の場合には、これを逆に前者を90度、後者を270度に設定すれば良い。

【0097】また既に(a)にて述べた通り、近地点引数の設定値を幅を持たせて設定することも出来る。

【0098】(エ)軌道長半径aの暫定値の設定(符号8)

複数の人工衛星を用いて特定の地域を集中的且つ連続的にサービスする場合、各人工衛星の直下点の地上軌跡が

一致しなければならない。また、各人工衛星は毎日同一地点の上空を通過しなければならない。つまり時間の経過に関わらず、その地上軌跡が長期的に固定されなければならない。この要求を満足するためには、当該人工衛星は、当該人工衛星が周回する中心天体が一回自転する間に、その中心天体の周囲を整数回周回するものでなければならない。地球が中心天体の場合、周回数 m の範囲は、 $1 \leq m \leq 16$ (m は整数)であり、本発明は表3に示す軌道周期を有する軌道を周回する人工衛星を複数機用いるシステムに対して適用出来る。

【0099】周回数 m により、中心天体が地球の場合、人工衛星の軌道周期 p (単位：時間)は以下の式により計算される。

【0100】 $p = 23.93 / m$

軌道周期 p により、人工衛星の軌道長半径 a (単位：km) が表3に示す通り決定される。以下の軌道要素の設定に当たっては表3に挙げた軌道長半径の中から候補を選定する。ただし選定に当たっては、中心天体が地球の場合、少なくとも

$$p \times n \geq 23.93$$

でなければ、特定地域への24 (時間/日) に亘っての連続的なサービスを提供出来ない。

【0101】

【表3】

表 3

No.	人工衛星の 周回数/日	軌道周期 (時)	軌道長半径 (km)
1	1	23.93	42,164
2	2	11.97	26,562
3	3	7.98	20,270
4	4	5.98	16,733
5	5	4.79	14,420
6	6	3.99	12,770
7	7	3.42	11,522
8	8	2.99	10,541
9	9	2.66	9,745
10	10	2.39	9,084
11	11	2.18	8,525
12	12	1.99	8,044
13	13	1.84	7,626
14	14	1.71	7,259
15	15	1.60	6,932
16	16	1.50	6,640

【0102】(オ) 離心率 e の暫定値の設定 (符号9)
任意の離心率 e を暫定値として与える。

【0103】例えば当該特定地域において、人工衛星一機に対して要求されるサービスの継続時間を T_s (単位：秒) とする。当該人工衛星が周回する軌道の近地点から、軌道上でサービスを始める点まで人工衛星が周回

するのに必要な時間長を T_i とし、サービスを始める点での離心近点離角を E_i (単位：ラジアン)、真近点離角を θ_i (単位：ラジアン) とすると、

$$T_i = (E_i - e \times \sin E_i) \times p / (2 \times \pi)$$

$$\cos E_i = (e + \cos \theta_i) / (1 + e \times \cos \theta_i)$$

となるので、仮に軌道上でサービスを停止する点が、軌道上でサービスを始める点と、軌道上の長軸を挟んで対称の点にあると仮定すれば、

$$T_s \leq p - T_i \times 2$$

$$\therefore (p - T_i \times 2) - T_s \geq 0$$

であれば良い。実際は当該人工衛星が周回する天体の自転等を考慮する必要があるので、軌道上でサービスを開始する時の離心近点離角 E_i と離心率 e の組み合わせを考えて、上記の数式を満足する離心率を初期値として与えれば良い。この組み合わせを考える場合、離心近点離角の最小値として $\pi/2$ を考え、最大値を π として考えると良い。

【0104】(カ) 軌道傾斜角 i の暫定値の設定 (符号10)

任意の軌道傾斜角 i を暫定値として与える。

【0105】この時、先ずサービス対象の特定地域の緯度の最大値と最小値を求めておき、その平均値を軌道傾斜角の初期値として与えると良い。

【0106】(キ) 真近点離角の暫定値の設定

衛星番号1の衛星が近地点に有る時、衛星番号 k ($1 \leq k \leq n$, k は整数) の真近点離角 θ_k (単位：ラジアン) を次式で与える。離心近点離角と真近点離角は一対一で対応するので、まず離心近点離角を導出してから真近点離角を計算する。

$$\begin{aligned} & \text{【0107】} -23.93 \times (k-1) / n \times 3600 = \\ & (E_k - e \times \sin E_k) \times P / (2 \times \pi) \cos \theta_i = (e - \cos E_i) / (e \times \cos E_i - 1) \end{aligned}$$

上記の昇交点赤経 Ω_k と真近点離角 θ_k の組み合わせにより、複数の人工衛星の地上軌跡が一致し、衛星番号1から衛星番号 n の衛星 n 機が順に同じ地上軌跡を描く。つまり特定地域の上空を衛星番号1から衛星番号 n の衛星 n 機が繰り返し飛翔する。

【0108】(ク) 衛星番号1の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_1 と真近点離角 θ_1 の暫定値の設定 (符号11)

特定地域にサービスを行うためには、各人工衛星が特定地域の上空を飛翔しなければならない。従って、先ず特定地域の上空を飛翔することが出来るように、基準時刻における衛星番号1の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_1 と真近点離角 θ_1 を設定する。この時、真近点離角 $\theta_1 = 0$ (度) として、計算機によるシミュレーションを行うことにより簡便に昇交点赤経 Ω_1 を設定することが出来る。

【0109】(ケ) 衛星番号 k の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_k と真近点離角 θ_k の暫定値の設定 (符号1

2)

衛星番号1の人工衛星の軌道について設定した昇交点赤経 Ω_1 、及び真近点離角 θ_1 より、基準時刻における衛星番号 k の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_k 、及び真近点離角 θ_k を、 $k=2$ から順に $k=n$ まで求める。具体的には、衛星番号1の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_1 (単位:度)を基準にすると、衛星番号 k ($1 \leq k \leq n$)の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_k (単位:度)を次式で与える。

$$\Omega_k = \Omega_1 + (k-1) / n \times 360$$

これは複数の人工衛星の軌道面を等間隔の角度に離して配置するためのものである。

【0110】(コ) 評価 (符号14)

特定地域におけるサービスの内容に関する要求、たとえば;

- ・一機の人工衛星で当該特定地域に対して継続してサービス出来る時間長、
 - ・一機の人工衛星を当該特定地域から見た時に高仰角の空域に見える時間長、
 - ・人工衛星と当該特定地域との間の距離、及び距離の時間変化率、
 - ・電波伝搬の遅延時間、
 - ・電波のドップラーシフト、回線設計、
 - ・当該特定地域を観測した場合の空間分解能、
- および人工衛星の軌道の制御に関する要求、たとえば;
- ・各軌道の各軌道要素の長期間に亘る変動幅、
 - ・各軌道の各軌道要素の制御量およびそのために必要な推進薬量、

などの要求を、上記で与えた軌道要素を飛翔する人工衛星群により満足できるか否かを評価する。評価に当たっては、上記で設定した軌道要素を入力値として計算機でシミュレーションを行うと簡便に評価を行うことが出来る。なお、ここでの評価に必要な項目及び要求事項については通常軌道配置の検討を始める前に設定される。

【0111】(サ) 軌道要素設定作業の繰り返し

上記における評価において要求が満足されなかった場合、(ウ)から(コ)までの作業を繰り返す。必要な場合には(イ)から(コ)までの作業を繰り返す。暫定値を変更する必要が無い場合には、当該項目の見直しをする必要は無い。なお、必要に応じて上記の工程の順序を

任意に変えても良い。

【0112】上記の方法で軌道要素を設定した場合、当該人工衛星群によるサービスを行う対象の特定地域の上空には衛星番号1の人工衛星から衛星番号 n までの人工衛星が順に現れる。さらに(ケ)で設定した昇交点赤経の採り方を、

$$\Omega_k = \Omega_1 - (k-1) / n \times 360 \quad (1 \leq k \leq n, k \text{ は整数})$$

とし、(キ)で設定した離心近点離角の取り方を、

$$23.93 \times (k-1) / n \times 3600 = (E_k - e \times \sin E_k) \times P / (2 \times \pi)$$

としても同様の結果が得られる。この場合、当該人工衛星群によるサービスを行う対象の特定地域の上空には衛星番号 n の人工衛星から衛星番号1までの人工衛星が順に現れる。

【0113】(シ) 上記の評価において、要求が満足された場合、基準時刻における各人工衛星の最終軌道要素が得られる。

【0114】(2) 上記のアルゴリズムによる軌道要素の設定値と軌道配置の例

上記のアルゴリズムにより設定した軌道要素の設定値と軌道配置の例を以下に示す。

【0115】ここで人工衛星の軌道は後述する通り、地球重力場、月・太陽の引力等の影響で常時変動するものであり、ある程度の許容範囲をもって軌道制御されるのが一般的である。したがって、各軌道要素の値は、軌道制御後の目標ノミナル値を示すものとする。

【0116】なお、以下の表において Ω_1 及び θ_1 は基準時刻に応じて設定される、衛星番号1の人工衛星の昇交点赤経及び真近点離角である。

【0117】表4及び表5は24時間周期の軌道を周回する三機の人工衛星による衛星通信・放送ネットワークのための軌道要素と軌道配置例である。離心率と軌道傾斜角については図26及び図27に示した範囲内の組合わせであればよい。また、近地点引数は180度以下でもよい。

【0118】本軌道配置例は日本全土をサービス対象としたものである。

【0119】

【表4】

表 4

項 目	数 値		
衛星番号	1	2	3
軌道周期(時)	24		
軌道長半径(km)	約42,164		
離心率	0.24未満		
軌道傾斜角(度)	37度以上44度以下		
近地点引数(度)	180度以上360度以下		
昇交点赤経(度)	$\Omega 1$	$\Omega 1+120$	$\Omega 1+240$
真近点離角(度)	$\theta 1$	$\theta 1$ より軌道周期 の1/3分遅れた 角	$\theta 1$ より軌道周期 の1/3分進んだ 角

【0120】

【表5】

表 5

項 目	数 値		
衛星番号	1	2	3
軌道周期(時)	24		
軌道長半径(km)	約42,164		
離心率	0.24以上0.35以下		
軌道傾斜角(度)	40度より大きく44度以下		
近地点引数(度)	180度以上360度以下		
昇交点赤経(度)	$\Omega 1$	$\Omega 1+120$	$\Omega 1+240$
真近点離角(度)	$\theta 1$	$\theta 1$ より軌道周期 の1/3分遅れた 角	$\theta 1$ より軌道周期 の1/3分進んだ 角

【0121】本軌道要素を用いた人工衛星は、何れも根室から那覇にいたる日本の何れの都市からも同時に最長8時間最短6時間程度に亘り、仰角70度以上の方向に可視となる。最長の8時間は軌道傾斜角が約42.5度、かつ、離心率が約0.21の時に得られる。従って、本軌道要素を用いた人工衛星群により、一日24時間に亘り根室から那覇にいたる日本の何れの都市からも高い仰角少なくとも一機以上の人工衛星が可視となる軌道配置を実現することができる。

【0122】本軌道配置例では、軌道面は図6に示すように三面有り、各軌道上に人工衛星60、人工衛星61、及び人工衛星62が一機ずつ配置されている。人工衛星60、人工衛星61及び人工衛星62は、それぞれ軌道63、軌道64、及び軌道65上を約24時間で一周回する。人工衛星60、人工衛星61及び人工衛星62の軌道周期は約24時間であり、かつ、近地点引数が180度以上360度以下の範囲にあり、かつ離心率は0.24未満の範囲により、かつ軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内に有るか、または、かつ離心率が0.24以上0.35以下の範囲内に有り、かつ軌道傾斜角が40度より大きく44度以下の範囲内としている。三機の人工衛星の軌道の昇交点赤経は図6に示す通り120度ずつ離れており、日本上空の適切な位置に

それぞれの軌道の遠地点が現れるように設定されている。それぞれの人工衛星のそれぞれの軌道に於ける位置関係として、人工衛星60がその軌道63上で近地点にある時、人工衛星61はその軌道64上で軌道周期の三分の一だけ遅れた真近点離角を採る位置にあり、人工衛星62はその軌道65上で軌道周期の三分の一だけ進んだ真近点離角を採る位置にあるように配置している。この軌道配置は、概要を図2で示したアルゴリズム及び近地点引数の設定方法のアルゴリズムによって得られたものであり、図3、図4、及び図5で示された制御方法により実現される。制御方法については後述する。

【0123】この軌道配置により、北海道から沖縄にいたる日本において、仰角70度以上の方向に人工衛星60、人工衛星61、及び人工衛星62の何れかが常時見える配置となる。人工衛星60、人工衛星61及び人工衛星62はそれぞれ約24時間の周期を持っているため、仰角70度以上の方向に見えるようになるのも、見えなくなるのも周期的で規則的である。この場合、日本において人工衛星60、人工衛星61及び人工衛星62は仰角70度以上の方向に一日一回の周期で代わる代わる現れ、それぞれが仰角70度以上の方向に最長8時間最短6時間滞在して見える。これが約24時間の周期で毎日繰り返される。

【0124】従ってこの軌道配置を用いたシステムの例を示した図8～図34において人工衛星90で代表するところの人工衛星を衛星通信用または衛星放送用に用いることによって、遮蔽物や障害物による通信途絶の少ない衛星通信システムまたは衛星放送システムを構築することが可能になる。

【0125】表6及び表7は24時間周期の軌道を周回

する四機の人工衛星による衛星通信・放送ネットワークのための軌道要素と軌道配置例である。離心率と軌道傾斜角については図35及び図36に示した範囲内の組合わせであればよい。また、近地点引数は180度以下でもよい。

【0126】

【表6】

項 目	数 値			
衛星番号	1	2	3	4
軌道周期(時)	24			
軌道長半径(km)	約42,164			
離心率	0.24未満			
軌道傾斜角(度)	37度以上44度以下			
近地点引数(度)	180度以上360度以下			
昇交点赤経(度)	$\Omega 1$	$\Omega 1+90$	$\Omega 1+180$	$\Omega 1+270$
真近点離角(度)	$\theta 1$	$\theta 1$ より軌道周期の1/4分遅れた角	$\theta 1+180$	$\theta 1$ より軌道周期の1/4分進んだ角

附
の

【0127】

【表7】

項 目	数 値			
衛星番号	1	2	3	4
軌道周期(時)	24			
軌道長半径(km)	約42,164			
離心率	0.24以上0.35以下			
軌道傾斜角(度)	40度より大きく44度以下			
近地点引数(度)	180度以上360度以下			
昇交点赤経(度)	$\Omega 1$	$\Omega 1+90$	$\Omega 1+180$	$\Omega 1+270$
真近点離角(度)	$\theta 1$	$\theta 1$ より軌道周期の1/4分遅れた角	$\theta 1+180$	$\theta 1$ より軌道周期の1/4分進んだ角

附
7

【0128】本軌道要素を用いた人工衛星は何れも、根室から那覇にいたる日本の何れの都市からも、同時に最長8時間最短6時間程度に亘り、仰角70度以上の方向に可視となる。最長の8時間は軌道傾斜角が42.5度且つ離心率が0.21の時に得られる。従って本軌道要素を用いた人工衛星群により、一日24時間に亘り根室から那覇にいたる日本の何れの都市からも、高い仰角少なくとも一機以上の人工衛星が可視となる軌道配置を実現することが出来る。

【0129】本軌道配置例では、軌道面は図7に示すように四面有り、各軌道面に人工衛星70a、人工衛星70b、人工衛星70c及び人工衛星70dが一機ずつ配置されている。人工衛星70aは軌道71a上を、人工衛星70bは軌道71b上を、人工衛星70cは軌道71c上を、人工衛星70dは軌道71d上を、それぞれ約24時間で一周回する。人工衛星70a、人工衛星70b、人工衛星70c及び人工衛星70dの軌道周期は約24時間であり、かつ近地点引数が180度以上360度以下の範囲にあり、かつ離心率は0.24未満の範囲内にあり、かつ軌道傾斜角が37度以上44度以下の範囲内に有り、または、かつ離心率が0.24以上0.35以下の範囲内に有り、かつ軌道傾斜角が40度より大きく44度以下の範囲内としている。四機の人工衛星の軌道の昇交点赤経は図7に示す通りそれぞれ90度ずつ離れており、日本上空の適切な位置にそれぞれの軌道の遠地点が現れるように設定されている。それぞれの人工衛星のそれぞれの軌道に於ける位置関係としては、人工衛星70aがその軌道71a上で近地点にある時、衛星70bはその軌道71b上で軌道周期の四分の一だけ遅れた真近点離角を採る位置にあり、人工衛星70cはその軌道71c上で遠地点にあり、人工衛星70dはその軌道71d上で軌道周期の四分の一だけ進んだ真近点離角を採る位置にあるように配置している。

【0130】この軌道配置により、北海道から沖縄にいたる日本において、仰角70度以上の方向に人工衛星70a、人工衛星70b、人工衛星70cまたは人工衛星70dの何れかが常時見える配置となる。人工衛星70a、人工衛星70b、人工衛星70c及び人工衛星70dは24時間の周期を持っているため、仰角70度以上の天頂方向に見えるようになるのも、見えなくなるのも周期的で規則的である。この軌道配置は、概要を図2で示したアルゴリズム及び近地点引数の設定方法のアルゴリズムによって得られたものであり、図3、図4および図5で示された制御方法により実現される。

【0131】この場合では北海道、本州、四国及び九州の四島並びに沖縄において人工衛星70a、人工衛星70b、人工衛星70c及び人工衛星70dは、仰角70度以上の天頂方向に1日に一回ずつ代わる代わる現れ、最大約8時間最短6時間ずつ滞在して見える。これにより一日24時間にわたり、何れかの人工衛星が仰角70

度以上の天頂方向に可視となっている。また複数の人工衛星が同時に仰角70度以上の天頂方向に見える時間帯も存在する。これが約24時間の周期で毎日繰り返される。

【0132】従って、この軌道配置を用いたシステムの例を示した図8～図34において人工衛星90で代表するところの人工衛星を衛星通信用または衛星放送用に用いることによって、遮蔽物や障害物による通信途絶の少ない衛星通信システムまたは衛星放送システムを構築することが可能になる。

【0133】(3)設定した軌道要素と軌道配置を実現し制御するための方策

このように設定された軌道要素を持つ人工衛星の軌道は、以下のように制御されて実現される。

【0134】図3に示すように、人工衛星20の打ち上げ時には先に設定した基準時刻の軌道六要素17の情報を打上げ機追跡管制設備21に入力し、ここから打上げ機に対して目標投入軌道要素22の情報が伝送される。打上げ機23はこの情報をもとに自動的に、または打上げ機追跡管制設備21からの制御によって目標の軌道に投入される。

【0135】人工衛星20が軌道に投入されてからは定期的に基準時刻の軌道六要素17の情報が人工衛星追跡管制設備18に入力され、制御コマンド19の情報が人工衛星20に伝送され、人工衛星20に搭載された制御系により目標の軌道時刻の軌道六要素17に制御される。

【0136】この軌道制御の方法は一般的に行われている方法に準拠したものであり、詳細は以下の通りである。

【0137】前述のアルゴリズムによって得られた基準時刻の軌道六要素17(軌道長半径11、近地点引数12、離心率13、軌道傾斜角14、昇交点赤経15及び真近点離角16)は、図3に示した通り、投入目標軌道要素として打上げ機追跡管制設備21に入力される。この情報は打上げ機追跡管制設備21から打上げ機23へと伝送されて目標の軌道要素へ人工衛星20を投入する。打ち上げの段階で目標軌道から人工衛星20を搭載した打上げ機23が外れそうになった場合、打上げ機23が自動的に軌道を修正しても良いし、打上げ機追跡管制設備21から軌道修正のコマンドを打上げ機23に伝送して誘導しても良い。

【0138】このようにして打上げ機23によって目標投入軌道要素22に達した後でも、地球の重力場、太陽及び月の重力、太陽風等の影響により軌道要素は摂動を受け、時間経過に伴い短周期および長周期で常時軌道要素が変化する。この場合、人工衛星20は軌道制御を必要とする。

【0139】図4に示すように、一般に人工衛星20が現在飛翔中の軌道の軌道六要素31は、人工衛星20が

発信するテレメトリ、レンジング信号 27 を人工衛星追跡管制設備 18 の送受信システム 24 が受信し、レンジング信号 28 を抽出した後、測距システム 25 に伝送し、ここで計測された距離及び距離変化率 29 を最終的な入力として計算機システム 26 内の軌道決定プログラム 30 が計算し決定される。これにより得られた軌道六要素 31 と、目標とする基準時刻の軌道六要素 17 とを比較することにより、計算機システム 26 内の軌道制御プログラム 32 が、必要な姿勢制御量及び軌道制御量 33 を計算する。これにより人工衛星に搭載されたガスジェット装置のどのスラスタを何時、どの程度の長さの時間だけ噴射すれば良いかが決定される。これを計算機システム 26 内のコマンド生成プログラム 34 によって制御コマンド 35 に変換し、人工衛星追跡管制設備 18 の送受信システム 24 を経由して人工衛星 20 へと伝送する。

【0140】人工衛星 20 に伝送された制御コマンドは図 5 に示すように、人工衛星 20 搭載の通信系 37 が受信した後、データ処理系 38 において伝送されたコマンドが解読される。解読されたコマンドから、姿勢制御量及び軌道制御量 41 の情報が人工衛星搭載の姿勢軌道制御系 39 において適宜処理され、必要に応じ姿勢制御アクチュエータ駆動 42 して姿勢を変更したり、さらに人工衛星搭載推進系のガスジェット装置 40 をコマンド通り噴射させたりすることにより、最終的に、人工衛星 20 は、上記の基準時刻の軌道六要素 17 で示される軌道に投入、制御される。また、人工衛星 20 が GPS 衛星用の受信機を搭載している場合には、人工衛星 20 自身がその時刻において望ましい基準時刻の軌道六要素 17 を予め記憶しておき、これを利用して自律的に軌道制御をする構成としてもよい。

【0141】このようにして、前述のアルゴリズムによって決定された軌道要素 17 は制御され、実現される。

【0142】さらに複数の人工衛星が軌道上に配置された場合には、各人工衛星の軌道が相互の軌道配置の望ましい調和関係を維持するように、各人工衛星に対して個別に適切な軌道制御を行うことが必要である。

【0143】次に上述した本発明のアルゴリズムにより得られた軌道上を周回する人工衛星群を適用したシステムについて述べる。

【0144】(4) 本発明による軌道上を周回する人工衛星を適用したシステム

(4-1) システム例 1

システム例 1 は衛星放送システムである。

【0145】本発明の衛星放送システムの一実施例を図 8 に示す。

【0146】図 8 に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群 90 と、この人工衛星群 90 を介して衛星放送を送信する基地局 91 と、

この人工衛星群 90 を介して衛星放送を受信する衛星放送端末 92 から構成されている。

【0147】上記基地局 91 は、図 9 に示すように、アンテナ 91 a、アンテナ追尾装置 91 b、大電力増幅器 91 c、周波数変換器 91 d、変調器 91 e、誤り訂正符号化装置 91 f、暗号化装置 91 g、多重化装置 91 h、符号化装置 91 i から構成されている。

【0148】画像情報 91 k と音声信号 91 l は符号化装置 91 i で高能率に符号化され、他の画像情報や音声情報、さらにデータ 91 j が多重化装置 91 h で多重化される。さらに、暗号化装置 91 g で暗号化され、誤り訂正符号化装置 91 f で誤り訂正符号が付加され、さらに変調器 91 e で無線通信に適した変調がされ、周波数変換器 91 d で搬送波に変換され、大電力増幅器 91 c で増幅され、アンテナ追尾装置 91 b で人工衛星群 90 を追尾するアンテナ 91 a で送信される。

【0149】また、上記衛星放送端末 92 は、図 10 に示すように、アンテナ 92 a、低雑音増幅器 92 b、周波数変換器 92 c、復調器 92 c、誤り訂正装置 92 e、平文化装置 92 f、多重分離装置 92 g、復号化装置 92 h、フレームメモリ 92 i から構成されている。

【0150】人工衛星群 90 から送信された電波は、アンテナ 92 a で受け、低雑音増幅器 92 b で増幅し、周波数変換器 92 c で中間周波数に変換され、復調器 92 d でデジタル信号に復調される。さらに、誤り訂正装置 92 e で誤りがあれば訂正され、平文化装置 92 f で暗号化された情報が平文化され、多重分離装置 92 g で希望する番組を選択する。さらに、復号化装置 92 h で画像情報 92 k と音声情報 92 l に戻される。なお、復号化装置 92 h にはフレームメモリ 92 i がありデータの欠落を補完する事が出来る。

【0151】本発明によれば、衛星放送端末 92 は、受信手段として指向性のあるアンテナを用いる場合でも、単に天頂方向にそのアンテナを向けるだけでよく、人工衛星群の存在する方向(東西南北方向)を利用者が探す必要がまったくないという特徴がある。

【0152】さらに、静止衛星から放送する場合の移動体向けの衛星放送端末のアンテナは方位方向は対称で 45 度方向に感度を持つ必要があるが、本発明による場合のアンテナは天頂方向にのみ指向性を持たせれば十分のために製作が容易でかつアンテナの利得を 2 倍以上にすることが可能となるという特徴がある。この特徴を用いて、衛星からの電波の出力を $1/2$ してもよいし、また、同じ出力であれば 2 倍の情報(番組)を伝達することができる。

【0153】さらに、人工衛星群 90 が常に高仰角に位置することができるため、ビル街等で天頂方向しか空いていない場所等の移動体の周囲状況に依らずに、人工衛星群 90 からの電波を直接受信できるので、ビル等からの反射波のない、良質の受信環境を提供できるため、同

じ周波数帯域でも静止衛星から放送する場合より多くの情報(番組)を伝達できるという特徴がある。尚、上述した効果は、以下に説明するシステム例についても同様なことが言える。

【0154】さらに、課金システムを追加し、限定された顧客に放送し、課金する例を図9、図10で説明する。

【0155】基地局91の課金システム91mは、図9に示すとおりで、限定受信装置91n、顧客管理装置91o、課金管理システム91p、限定受信モジュール発行装置91qから構成されている。

【0156】衛星放送端末92は、図10に示す通りで、限定受信モジュール92mがある。

【0157】顧客情報(視聴・聴取料金の入金状況、視聴・聴取希望番組情報、住所、氏名等)は顧客管理装置91oにて管理されており、その顧客情報に従って課金管理システム91pは限定受信装置91nを経由して暗号化装置91gを制御することにより、顧客ごとの暗号を制御する。また、課金管理システム91pは顧客管理装置91oにある顧客情報に従って限定受信モジュール発行装置91qにて限定受信モジュール(例としてICカード)を発行する。また、ここには記載されていないが、金融機関からの顧客の入金情報は課金管理システム91pに入力され、顧客管理装置91oにて顧客情報が更新される。

【0158】ユーザは衛星放送端末92の平文化装置92fに、料金支払いの対価として入手した上記の限定受信モジュール92mを挿入することにより、希望した番組を視聴・聴取することができる。

【0159】以上により、基地局91に放送する番組を暗号化する手段と、衛星放送端末92にそれを平文化する手段を用い、限定した衛星放送端末にのみ放送し、かつ課金することが可能となる。

【0160】衛星放送システムの他の実施例を図11に示す。

【0161】図11に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星放送を送信する基地局91と、地上放送局93、及びこの人工衛星群90を介して衛星放送を受信する手段と地上放送を受信する手段を持った衛星放送端末94から構成されている。

【0162】さらに、図12に示すように上記地上放送局93は、アンテナ93a、大電力増幅器93b、周波数変換器93c、変調器93d、誤り訂正符号化装置93e、暗号化装置93f、多重化装置93g、符号化装置93hから構成されている。

【0163】画像情報93jと音声信号93kは符号化装置93hで高効率に符号化され、他の画像情報や音声情報、さらにデータ93iが多重化装置93gで多重化

される。さらに、暗号化装置93fで暗号化され、誤り訂正符号化装置93eで誤り訂正符号が付加され、さらに変調器93dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器93cで搬送波に変換され、大電力増幅器93bで増幅され、アンテナ93aで送信される。

【0164】また、上記衛星放送端末94は、図13に示すように、地上放送を受信するアンテナ94a1および低雑音増幅器94a2、人工衛星群90からの電波を受信するアンテナ94b1および低雑音増幅器94b2、地上波および衛星からの放送の周波数変換器94c、復調器94d、誤り訂正装置94e、平文化装置94f、多重分離装置94g、復号化装置94h、フレームメモリ94iから構成されている。

【0165】地上放送局93から送信された電波は、アンテナ94a1で受け、低雑音増幅器94b1で増幅し、また、人工衛星群90から送信された電波は、アンテナ94a2で受け、低雑音増幅器94b2で増幅し、それぞれ周波数変換器94cで中間周波数に変換され、復調器94dでデジタル信号に復調される。さらに、誤り訂正装置94eで誤りがあれば訂正され、平文化装置94fで暗号化された情報が平文化され、多重分離装置94gで希望する番組を選択する。さらに、復号化装置94hで画像情報94kと音声情報94lに戻される。なお、復号化装置94hにはフレームメモリ94iがありデータの欠落を補完する事が出来る。衛星放送端末94は、衛星放送ばかりでなく地上放送も受信できるためユーザが希望する放送を自在に選択できるという特徴がある。さらに、本衛星放送端末94があれば衛星放送端末と地上放送端末をそれぞれ持つ必要がないという特徴がある。更に、アンテナ94a1と94a2を兼用することもできる。

【0166】さらに、課金システムを追加し、限定された顧客に放送し、課金する例を図12、図13で説明する。

【0167】基地局93の課金システム93mは、図12に示すとおりで、限定受信装置93n、顧客管理装置93o、課金管理システム93p、限定受信モジュール発行装置93qから構成されている。

【0168】衛星放送端末94は、図13に示す通りで、限定受信モジュール94mがある。

【0169】顧客情報(視聴・聴取料金の入金状況、視聴・聴取希望番組情報、住所、氏名等)は顧客管理装置93oにて管理されており、その顧客情報に従って課金管理システム93pは限定受信装置93nを経由して暗号化装置93fを制御することにより、顧客ごとの暗号を制御する。また、課金管理システム93pは顧客管理装置93oにある顧客情報に従って限定受信モジュール発行装置93qにて限定受信モジュール(例としてICカード)を発行する。また、ここには記載されていないが、金融機関からの顧客の入金情報は課金管理システム

93pに入力され、顧客管理装置93oにて顧客情報が更新される。

【0170】ユーザは衛星放送端末94の平文化装置94fに、料金支払いの対価として入手した上記の限定受信モジュール94mを挿入することにより、希望した番組を視聴・聴取することができる。

【0171】以上により、基地局93に放送する番組を暗号化する手段と、衛星放送端末94にそれを平文化する手段を用い、限定した衛星放送端末にのみ放送し、かつ課金することが可能となる。

【0172】衛星放送システムの他の実施例を図14に示す。

【0173】図14に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、公衆回線や携帯電話等の地上通信手段95と、この人工衛星群90を介して衛星放送を送信する手段と前記地上通信手段を持った基地局96、及びこの人工衛星群90を介して衛星放送を受信する手段と上記地上通信手段を持った衛星放送端末97から構成されている。

【0174】上記基地局96は、図15に示すように、アンテナ96a、アンテナ追尾装置96b、大電力増幅器96c、周波数変換器96d、変調器96e、誤り訂正符号化装置96f、暗号化装置96g、多重化装置96h、符号化装置96i、データ選択装置96n、データ記憶装置96o、地上通信網95から構成されている。

【0175】地上通信網95を経由したリクエスト情報96mはデータ選択装置96nに入力され、必要な情報であるところの画像情報96k、音声信号96l、データ96jは必要に応じてデータ記憶装置96oから引用される。さらに、画像情報96kと音声信号96lは符号化装置96iで高能率に符号化され、他の画像情報や音声情報、さらにデータ96jが多重化装置96hで多重化される。さらに、暗号化装置96gで暗号化され、誤り訂正符号化装置96fで誤り訂正符号が付加され、さらに変調器96eで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器96dで搬送波に変換され、大電力増幅器96cで増幅され、アンテナ追尾装置96bで人工衛星群90を追尾するアンテナ96aで送信される。

【0176】また、上記衛星放送端末97は、図16に示すように、アンテナ97a、低雑音増幅器97b、周波数変換器97c、復調器97d、誤り訂正装置97e、平文化装置97f、多重分離装置97g、復号化装置97h、フレームメモリ97i、リクエスト送出装置97n、地上通信網95から構成されている。

【0177】リクエスト97mは、PHSや携帯電話等のリクエスト送出装置97nで地上通信網95を経由して、図15の基地局96に送られる。基地局96はリクエストされた情報を人工衛星群90へ送信し、人工衛星

群90から送信された電波は、アンテナ97aで受け、低雑音増幅器97bで増幅し、周波数変換器97cで中間周波数に変換され、復調器97dでデジタル信号に復調される。さらに、誤り訂正装置97eで誤りがあれば訂正され、平文化装置97fで暗号化された情報が平文化され、多重分離装置97gで希望する番組を選択する。さらに、復号化装置97hで画像情報97kと音声情報97lに戻される。なお、復号化装置97hにはフレームメモリ97iがありデータの欠落を補完する事が出来る。

【0178】このことにより、衛星放送端末97は、要求を基地局91に伝え希望する情報の放送を依頼することが出来るという特徴がある。

【0179】本発明における衛星放送端末92, 94, 97は、自動車、列車、船舶、航空機などの移動体に搭載しても良い、さらに、歩行者や登山者などが携帯しても良い。さらに、家庭等移動しないところで受信しても良い。

【0180】また、本発明で放送される番組の内容は特に限定されない。

【0181】放送する番組としてはTV放送や音声放送ばかりでなく、デジタル情報が挙げられる。

【0182】例えば、気象情報、つり情報（水位、水温等）、ITS情報（交通量情報、通行速度情報、渋滞場所情報、渋滞時間情報、災害情報、交通規制情報、交通事故発生情報、道路環境情報、道路交通情報、走行環境情報、最適経路情報、渋滞時の所要時間情報、駐車場の満空情報、駐車場予約情報、目的地情報（気象、旅行、観光、グルメ、レクリエーション情報等）、各種予約情報（公共交通、ホテル、アミューズメント設備等）、地図情報（地図情報、更新情報等）、カーナビ情報（カーナビ情報、更新情報等）、ソフトウェア（カーナビ用、ゲーム用、OS等）、音声データ（MP3等で圧縮されたデータを含む）、娯楽情報が挙げられる。

【0183】さらに、例えばインターネット等のマルチメディア情報やディファレンシャルGSP情報が挙げられる。

【0184】さらに、地域に限定した情報、例えば移動体が移動中の地域に属するデパート、スーパーマーケットのタイムサービス情報、美術館・博物館の展示情報、映画館、劇場・演舞場の上演内容の情報、犯罪者・徘徊者の情報等がある。

【0185】さらに、課金システムを追加し、限定された顧客に放送し、課金する例を図15、図16で説明する。

【0186】基地局96の課金システム96pは、図15に示すとおりで、限定受信装置96q、顧客管理装置96r、課金管理システム96s、限定受信モジュール発行装置96tから構成されている。

【0187】衛星放送端末97は、図16に示す通り

で、限定受信モジュール 97 o がある。

【0188】顧客情報（視聴・聴取料金の入金状況，視聴・聴取希望番組情報，住所，氏名等）は顧客管理装置 96 r にて管理されており，その顧客情報に従って課金管理システム 96 s は限定受信装置 96 q を経由して暗号化装置 96 g を制御することにより，顧客ごとの暗号を制御する。また，課金管理システム 96 s は顧客管理装置 96 r にある顧客情報に従って限定受信モジュール発行装置 96 t にて限定受信モジュール（例として IC カード）を発行する。また，ここには記載されていないが，金融機関からの顧客の入金情報は課金管理システム 96 s に入力され，顧客管理装置 96 r にて顧客情報が更新される。

【0189】ユーザは衛星放送端末 97 の平文化装置 97 f に，料金支払いの対価として入手した上記の限定受信モジュール 97 o を挿入することにより，希望した番組を視聴・聴取することができる。

【0190】以上により，基地局 96 に放送する番組を暗号化する手段と，衛星放送端末 97 にそれを平文化する手段を用い，限定した衛星放送端末にのみ放送し，かつ課金することが可能となる。

【0191】（4-2）システム例 2
システム例は衛星通信システムである。

【0192】本発明の衛星通信システムの一実施例を図 17 に示す。

【0193】図 17 に示すように，本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系，電源系，通信系，熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群 90 と，この人工衛星群 90 を介して衛星通信を行うための基地局 98 と衛星通信用送受信装置 99 から構成される。

【0194】上記基地局 98 は，図 18 に示すように，アンテナ 98 a，アンテナ追尾装置 98 b，大電力増幅器 98 c，周波数変換器 98 d，変調器 98 e，符号化装置 98 f，低雑音増幅器 98 h，周波数変換器 98 i，復調器 98 j，復号化装置 98 k から構成されている。

【0195】送信データ 98 g は，符号化装置 98 f で符号化，暗号化され誤り訂正符号等が付加され，さらに変調器 98 e で無線通信に適した変調がされ，周波数変換器 98 d で搬送波に変換され，大電力増幅器 98 c で増幅され，アンテナ追尾装置 98 b で人工衛星群 90 を追尾するアンテナ 98 a で送信される。また，人工衛星群 90 から送信された電波は，アンテナ 98 a で受け，低雑音増幅器 98 h で増幅し，周波数変換器 98 i で中間周波数に変換され，復調器 98 j でデジタル信号に復調される。さらに，復号化装置 98 k で誤り訂正，平文化や復号化され受信データ 98 l を得ることができる。

【0196】また，上記衛星通信用送受信装置 99 は，図 19 に示すように，アンテナ 99 a，大電力増幅器 99 b，周波数変換器 99 c，変調器 99 d，符号化装置

99 e，低雑音増幅器 99 g，周波数変換器 99 h，復調器 99 i，復号化装置 99 j から構成されている。

【0197】送信データ 99 f は，符号化装置 99 e で符号化，暗号化され誤り訂正符号等が付加され，さらに変調器 99 d で無線通信に適した変調がされ，周波数変換器 99 c で搬送波に変換され，大電力増幅器 99 b で増幅され，アンテナ 99 a で送信される。また，人工衛星群 90 から送信された電波は，アンテナ 99 a で受け，低雑音増幅器 99 g で増幅し，周波数変換器 99 h で中間周波数に変換され，復調器 99 i でデジタル信号に復調される。さらに，復号化装置 99 j で誤り訂正，平文化や復号化され受信データ 99 k を得ることができる。

【0198】本実施例によれば天頂付近に少なくとも一機は人工衛星が見えるため，人工建造物，樹木，山岳など視野を遮る遮蔽物が有る地域でも，この衛星通信システムを用いることにより容易に長時間にわたり通信回線を確保することが出来る。

【0199】例えば，基地局 98 を公衆回線のゲートウェイ通信局に設置し，衛星通信用送受信装置 99 を人が携帯することにより，携帯電話として利用することが出来るようになる。

【0200】例えば，基地局 98 を病院に設置し，衛星通信用送受信装置 99 を救急車に設置することにより，救急車から患者に関する画像データを病院に送信し，病院にいる専門医から適切な処置法を伝えることが出来るため，救急搬送中に患者に対して適切な処置を行うことが出来る。これにより，これまで救急搬送中に適切な処置が出来れば救えていたケースについて，人命を救うことが出来るようになる。

【0201】例えば，基地局 98 を放送局に設置し，衛星通信用送受信装置 99 を放送車に設置することにより，マラソン中継等の移動中のスポーツ中継のテレビ番組等にも適用することができ，良質な画像をリアルタイムで伝送出来るためダイナミックな番組提供が出来るようになる。

【0202】例えば，基地局 98 を消防庁に設置し，衛星通信用送受信装置 99 を消防車に設置することにより，消火中の現場の状況を，ビルの谷間や路地でも良質な画像をリアルタイムで伝送出来るための確かな状況判断が出来るようになる。

【0203】例えば，基地局 98 を警察署に設置し，衛星通信用送受信装置 99 をパトカーに設置することにより，犯人や現場の状況を，ビルの谷間や路地でも良質な画像をリアルタイムで伝送出来るため効果的な警備が出来るようになる。

【0204】例えば，基地局 98 を専門医のいる病院に設置し，衛星通信用送受信装置 99 を移動体に設置し遠隔地の専門医の助言や診断を必要とする診療所に移動して患者の情報を通信することにより，山岳地でもリアル

タイムで伝送出来るため、医療サービスの地域格差を解消することが出来るようになる。

【0205】例えば、基地局98を予約センターに設置し、衛星通信用送受信装置99を列車に設置することにより、列車に乗車している乗客が乗り継ぐ列車を予約することが出来るため、顧客サービスを向上することが出来るようになる。

【0206】例えば、基地局98を在庫管理センターに設置し、衛星通信用送受信装置99を自動販売機に設置することにより、在庫を定期的にあるいは任意に調査することが出来るため、顧客サービスを向上することが出来るようになる。

【0207】さらに、列車制御情報通信、列車保守通信、列車標識制御通信、自動車運用状況通信、船舶情報運用状況通信、データ収集システム（いかに、ブイ等）、パソコン通信（電子メール、インターネット、オンラインショッピング等）、駐車場の空き情報提供・予約システム等への適用が可能である。

【0208】衛星通信システムの他の実施例を図20に示す。

【0209】図20に示すように、本発明による人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、全地球測位システムを構成する人工衛星群100と、全地球システムを構成する人工衛星群からの測位信号により己の位置を測定できる機能を有すると共に人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置101から構成される。

【0210】上記衛星通信用送受信装置101は、図21に示すように、アンテナ101a、大電力増幅器101b、周波数変換器101c、変調器101d、符号化装置101e、多重化装置101f、低雑音増幅器101h、周波数変換器101i、復調器101j、復号化装置101k、GPS受信機101mから構成されている。

【0211】送信データ101gは、多重化装置101fでGPS受信機101mから出力される測位情報101nと多重化され、符号化装置101eで符号化、暗号化され誤り訂正符号等が付加され、さらに変調器101dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器101cで搬送波に変換され、大電力増幅器101bで増幅され、アンテナ101aで送信される。また、人工衛星群90から送信された電波は、アンテナ101aで受け、低雑音増幅器101hで増幅し、周波数変換器101iで中間周波数に変換され、復調器101jでデジタル信号に復調される。さらに、復号化装置101kで誤り訂正、平文化や復号化され受信データ101lを得ることができる。

【0212】このシステムでは、送受信装置の位置情報を基地局に通信することが出来る。さらに、測位情報を送信するタイミングとしては、デマンド方式（ユーザが

希望する時に送信する）やポーリング方式（センタ局の送信要求を受信し、送受信装置が自動的に送信する）がある。

【0213】例えば、基地局98を警察、消防等の山岳救難センターに設置し、衛星通信用送受信装置101を登山者が携帯することにより、万一遭難の際は、遭難者の位置をセンターに通報することが出来るため、迅速で正確な救助活動を可能とすることが出来る。さらに、本発明では双方向の通信が可能のため、遭難者へのはげましや誤報確認ができるという特徴がある。さらに、衛星通信用送受信機の軽量化、低消費電力化のために送信機能のみとしてもよい。

【0214】例えば、基地局98を警察、消防等の海難救難センターに設置し、衛星通信用送受信装置101を船舶に設置することにより、誤報チェック、万一遭難の際は、遭難船の位置をセンター、海上保安庁に通報することが出来るため、迅速で正確な救助活動を可能とすることが出来る。さらに、本発明では双方向の通信が可能のため、遭難者へのはげましや誤報確認ができるという特徴がある。さらに、衛星通信用送受信機の軽量化、低消費電力化のために送信機能のみとしてもよい。

【0215】例えば、基地局98を警察に設置し、衛星通信用送受信装置101を対象者が携帯することにより、徘徊や迷子になった際は、対象者の位置を直ちに警察で把握することが出来るため、迅速で正確な救助活動を可能とすることが出来る。さらに、本発明では双方向の通信が可能のため、対象者へのはげましや誤報確認ができるという特徴がある。さらに、衛星通信用送受信機の軽量化、低消費電力化のために送信機能のみとしてもよい。

【0216】例えば、基地局98を警察に設置し、衛星通信用送受信装置101を自動車に設置することにより、その自動車が盗難された際は、盗難車の位置を直ちに警察で把握することが出来るため、迅速で正確な捜査活動を可能とすることが出来る。

【0217】例えば、基地局98を物流管理センターに設置し、衛星通信用送受信装置101を移動体（トラック、列車、タクシー、バス、コンテナ）に設置することにより、移動体の位置を直ちにセンターで把握することが出来るため、迅速で正確な物流管理、車両配車管理を可能とすることが出来る。

【0218】さらに、最適経路誘導システム、リクエスト型ナビゲーションシステム、動物の行動モニタ（野生動物（行動モニタ）、家畜（迷子防止、運動量把握）、動物園で飼育中の動物（危険防止）等）への適用も可能である。

【0219】衛星通信システムの他の実施例を図22に示す。

【0220】図22に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系な

どのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、電気、ガス、水道のうち少なくとも1つについて、その使用量を個別に測定する機能を有すると共に人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置102から構成される。

【0221】上記衛星通信用送受信装置102は、電力使用量の場合は、図23に示すように、アンテナ102a、大電力増幅器102b、周波数変換器102c、変調器102d、符号化装置102e、多重化装置102f、低雑音増幅器102h、周波数変換器102i、復調器102j、復号化装置102k、電力量計102mから構成されている。

【0222】送信データ102gは、多重化装置102fで電力量計102mから出力される使用量情報102nと多重化され、符号化装置102eで符号化、暗号化され誤り訂正符号等が付加され、さらに変調器102dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器102cで搬送波に変換され、大電力増幅器102bで増幅され、アンテナ102aで送信される。また、人工衛星群90から送信された電波は、アンテナ102aで受け、低雑音増幅器102hで増幅し、周波数変換器102iで中間周波数に変換され、復調器102jでデジタル信号に復調される。さらに、復号化装置102kで誤り訂正、平文化や復号化され受信データ102lを得ることができる。

【0223】このシステムでは、衛星通信用送受信装置102が計測した電力使用量を基地局98で集計することが可能となる。さらに、本発明による軌道の衛星を利用することで、高層建築物に囲まれた家屋や、山間部で通信手段のない場所においても衛星通信用送受信装置102を設置するだけで容易に衛星通信の回線を確保出来るため、従来戸別訪問により使用量を集計している電気・ガス・水道などの公共料金についても衛星を介して集計出来るようになり、使用量集計に必要な人件費を大幅に削減出来る。この人件費の削減効果により、さらに公共料金の引き下げが期待出来る。

【0224】衛星通信システムの他の実施例を図24に示す。

【0225】図24に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、情報ネットワークの情報を収集・中継する機能を有すると共に人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置103から構成される。

【0226】上記衛星通信用送受信装置103は、図25に示すように、アンテナ103a、大電力増幅器103b、周波数変換器103c、変調器103d、符号化装置103e、多重化装置103f、低雑音増幅器10

3h、周波数変換器103i、復調器103j、復号化装置103k、多重分離装置103l、ネットワーク103nから構成されている。

【0227】送信データ103gは、多重化装置103fでネットワーク103mから出力されるネットワーク情報103oと多重化され、符号化装置103eで符号化、暗号化され誤り訂正符号等が付加され、さらに変調器103dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器103cで搬送波に変換され、大電力増幅器103bで増幅され、アンテナ103aで送信される。また、人工衛星群90から送信された電波は、アンテナ103aで受け、低雑音増幅器103hで増幅し、周波数変換器103iで中間周波数に変換され、復調器103jでデジタル信号に復調される。さらに、復号化装置103kで誤り訂正、平文化や復号化され、多重分離装置103lにて受信データ103mとネットワーク103nに入力されるネットワーク情報103o2を得ることができる。

【0228】このシステムでは、例えばオフィス内や家庭内ネットワークの情報（セキュリティ、ユーティリティの状況・利用量及び制御等）を衛星通信用送受信装置103を経由して基地局98と通信することが可能となる。さらに、本発明による軌道の衛星を利用することで、高層建築物に囲まれた家屋などに設置したアンテナ設備でも容易に衛星通信の回線を確保出来る。さらに、セキュリティ情報の場合、電話線を切られてもそれとは独立に衛星を経由して通信（通報）できるという特徴がある。

【0229】衛星通信システムの他の実施例を図26に示す。

【0230】図26に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、環境をモニタする機能を有すると共に人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置104から構成される。

【0231】上記衛星通信用送受信装置104は、図27に示すように、アンテナ104a、大電力増幅器104b、周波数変換器104c、変調器104d、符号化装置104e、多重化装置104f、低雑音増幅器104h、周波数変換器104i、復調器104j、復号化装置104k、検出器104mから構成されている。送信データ104gは、多重化装置104fで検出器104mから出力される測定情報104nと多重化され、符号化装置104eで符号化、暗号化され誤り訂正符号等が付加され、さらに変調器104dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器104cで搬送波に変換され、大電力増幅器104bで増幅され、アンテナ104aで送信される。また、人工衛星群90から送信された

電波は、アンテナ104aで受け、低雑音増幅器104hで増幅し、周波数変換器104iで中間周波数に変換され、復調器104jでデジタル信号に復調される。さらに、復号化装置104kで誤り訂正、平文化や復号化され受信データ104lを得ることができる。

【0232】例えば、本発明による軌道の衛星を利用することで、高層建築物に囲まれた場所や、山間部で通信手段のない場所等においても容易に通信することが可能のため、基地局98を環境センターに設置し、環境モニタ機能を有する衛星通信用送受信装置104を各地に配置することにより、広範囲の環境データ（気象情報、水位（河川、湖等）、地震、火山、一酸化炭素、酸化窒素、二酸化いおう、ダイオキシン等）を容易に収集することが可能なため迅速適切な対応が可能で、当該地域住民の環境を保護することが出来るようになる。さらに、衛星通信用送受信装置104の設置場所の制限が少ないため、環境データ収集に必要な経費を大幅に削減できる。さらに、環境データを送信するタイミングとしては、緊急通信方式（環境データが事前に設定したしきい値を越えたときに送信する）やポーリング方式（センタ局の送信要求を受信し、送受信装置が自動的に送信する）がある。

【0233】衛星通信システムの他の実施例を図28に示す。

【0234】図28に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、異常を検出、モニタする機能を有すると共に人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置105から構成される。

【0235】上記衛星通信用送受信装置105は、図29に示すように、アンテナ105a、大電力増幅器105b、周波数変換器105c、変調器105d、符号化装置105e、多重化装置105f、低雑音増幅器105h、周波数変換器105i、復調器105j、復号化装置105k、検出器105mから構成されている。送信データ105gは、多重化装置105fで検出器105mから出力される異常検出情報105nと多重化され、符号化装置105eで符号化、暗号化され誤り訂正符号等が付加され、さらに変調器105dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器105cで搬送波に変換され、大電力増幅器105bで増幅され、アンテナ105aで送信される。また、人工衛星群90から送信された電波は、アンテナ105aで受け、低雑音増幅器105hで増幅し、周波数変換器105iで中間周波数に変換され、復調器105jでデジタル信号に復調される。さらに、復号化装置105kで誤り訂正、平文化や復号化され受信データ105lを得ることができる。

【0236】このシステムでは、異常発生時に自動的に

緊急信号を発生することが出来る。例えば、基地局98を消防署に設置し、過大な衝撃またはエアバックの作動等の自動車の異常をモニタする機能を有する衛星通信用送受信装置105を自動車に設置することにより、交通事故の際に自動的に消防署や保険会社に連絡することが可能で、搭乗者の迅速な救助活動が出来るようになる。

【0237】例えば、基地局98を海上保安庁に設置し、浸水または過大な衝撃等の異常をモニタする機能を有する衛星通信用送受信装置105を船舶に設置することにより、海難事故の際に自動的に海上保安庁に連絡することが可能で、乗員・乗客の安全を保護することが出来るようになる。

【0238】衛星通信システムの他の実施例を図30に示す。

【0239】図30に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、VICS等の道路情報通知システム106からの道路情報107を受信する機能を有すると共に人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置108、さらに基地局98経由の衛星通信用送受信機108からのリクエストを道路情報通知システム106へ伝える地上通信網95から構成される。

【0240】上記基地局98は、図31に示すとおりで、衛星通信用送受信機108から得られた受信データ981をユーザからのリクエストとして地上通信網95を経由して道路情報通知システム106に送る。さらに、道路情報通知システム106からの情報を送信データ99gとしてユーザに送信する。

【0241】上記道路情報通知システム106は、図31に示すように、アンテナ106a、大電力増幅器106b、周波数変換器106c、変調器106d、誤り訂正符号化装置106e、暗号化装置106f、多重化装置106g、データ選択装置106i、データ記憶装置106j、地上通信網95から構成されている。

【0242】地上通信網95を経由したリクエスト情報106kはデータ選択装置106iに入力され、道路情報データ106hは必要に応じてデータ記憶装置106jから引用される。さらに、道路情報データ106hが多重化装置106gで多重化され、暗号化装置106fで暗号化され、誤り訂正符号化装置106eで誤り訂正符号が付加され、さらに変調器106dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器106cで搬送波に変換され、大電力増幅器106bで増幅され、アンテナ106aで送信される。

【0243】上記衛星通信用送受信装置108は、図32に示すように、アンテナ108a、大電力増幅器108b、周波数変換器108c、変調器108d、符号化装置108e、低雑音増幅器108g、周波数変換器1

08h, 復調器108i, 復号化装置108j, 道路情報用アンテナ108n, 道路情報受信機108m, カーナビ108lから構成されている。

【0244】ユーザのリクエスト108fは、符号化装置108eで符号化、暗号化され誤り訂正符号等が付加され、さらに変調器108dで無線通信に適した変調がされ、周波数変換器108cで搬送波に変換され、大電力増幅器108bで増幅され、アンテナ108aで送信される。また、人工衛星群90から送信された電波は、アンテナ108aで受け、低雑音増幅器108gで増幅し、周波数変換器108hで中間周波数に変換され、復調器108iでデジタル信号に復調される。さらに、復号化装置108jで誤り訂正、平文化や復号化され受信データとして道路情報108kを得ることができ、カーナビ108lに入力される。さらに、道路情報107は道路情報用アンテナ108nで受け、道路情報受信機108mで受信、復調され、カーナビ108lに入力される。

【0245】このシステムでは、VICS等の道路情報107を受信するばかりでなく、運転者は衛星通信用送受信装置108から基地局98と人工衛星群90を経由して、希望する道路情報を要求することが可能となり、道路情報通知システム106経由でも人工衛星群90経由でも入手することが可能となり、きめ細かいタイムリーな道路情報を入手することが可能となる。

【0246】道路情報107として、以下の情報が含まれる。

【0247】ITS情報（交通量情報、通行速度情報、渋滞場所情報、渋滞時間情報、災害情報、交通規制情報、交通事故発生情報、道路環境情報、道路交通情報、最適経路情報、渋滞時の所要時間情報、駐車場の満空情報、駐車場予約情報、目的地情報（気象、旅行、観光、グルメ、レクリエーション情報等）、各種予約情報（公共交通、ホテル、アミューズメント設備等）、地図情報（地図情報、更新情報等）、カーナビ情報（カーナビ情報、更新情報等）、ソフトウェア（カーナビ用、ゲーム用、OS等）等。

【0248】（4-3）システム例3

システム例3は衛星間通信システムである。

【0249】本発明の衛星間通信システムの一実施例を図33に示す。

【0250】図33に示すように、本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群90と、この人工衛星群90を介して衛星通信を行うための基地局98と、その人工衛星群90を介して通信を行うことが出来る衛星通信用送受信装置110と人工衛星109から構成される。

【0251】このシステムでは、衛星通信用送受信装置110や基地局98から人工衛星109を直接通信することはできないが人工衛星群90が人工衛星109を

通信できる範囲で、人工衛星群109の情報を人工衛星群90を経由して取得することができるため、広範囲な人工衛星群109からの情報を取得することが出来ることとなる。

【0252】一例として、人工衛星109に地球観測装置が搭載されていれば、その観測データを基地局98や衛星通信用送受信装置110で受信することが可能であり、また、基地局98や衛星用送受信装置110からの、希望する観測データを要求することが出来ることが可能となり、広範囲で希望する観測データを入手することが可能となる。

【0253】（4-4）システム例4

システム例4は地球観測システムである。

【0254】本発明の地球観測システムの一実施例を図34に示す。

【0255】図34に示すように、地球観測センサを搭載した本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星群111と、この人工衛星群111から送信される観測結果を受信する基地局98から構成される。

【0256】このシステムでは、人工衛星群111が地表に対して高仰角であるため、遮蔽物に影響されない地球観測情報を基地局98で収集することが可能となる。

【0257】

【発明の効果】（1）近地点引数の設定方法に関する効果

本発明によれば、任意の軌道傾斜角を軌道要素とする楕円軌道について、地球重力場などの影響による近地点引数の変動を予め考慮に入れた軌道要素の設定を行うことが出来る。

【0258】（2）複数の人工衛星の軌道配置方法に関する効果

本発明によれば、任意の数の複数の人工衛星を用いて、人工衛星が周回する天体の特定の地域に対して通信サービス、放送サービスを集中的且つ連続的に提供しようとする場合、あるいは人工衛星が周回する天体の特定の地域や当該地域の気象を集中的且つ連続的に観測する場合において、人工衛星の軌道要素である軌道長半径、離心率、軌道傾斜角、近地点引数、昇交点赤経及び真近点離角の設定を簡単に行うことが出来る。

【0259】また本発明によれば、任意の数の複数の人工衛星を用いて、人工衛星が周回する天体の特定の地域に対して通信サービス、放送サービスを集中的且つ連続的に提供することが出来る。

【0260】さらに、本発明によれば、任意の数の複数の人工衛星を用いて、当該人工衛星が周回する天体の特定の地域や当該地域の気象を集中的且つ連続的に観測することが出来る。

【0261】（3）上述の（1）及び（2）を用いて求められた軌道要素をその軌道要素とする、複数の人工衛

星の配置に関して

本発明によれば、電波伝搬距離が短い故に衛星通信用送受信装置に対する技術要求を緩和するとともに通信遅延時間が短い通信放送システムを構築することが出来る。

【0262】また本発明によれば、軌道形状が円形に近いことから、複数の人工衛星のサービス切替時に発生が予想される通信・放送の途絶時間を、少なくとも短縮することが出来る。

【0263】さらに本発明によれば、三機または四機の人工衛星群により、その何れかの人工衛星が根室から那覇に至る日本本土において同時に、仰角70度以上の天空に可視となる人工衛星の配置を行っているため、移動体に対する通信・放送サービスを当該人工衛星により容易に行うことが出来る。

【0264】(4)上記(1)から(3)に共通した効果

本発明によれば、上記で設定した軌道要素に基づいて人工衛星の軌道制御を実現する軌道制御システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】24時間周期の人工衛星の軌道が、軌道制御を行わずにいた場合の長期間に亘る変動の様子を、その軌道の地上軌跡によって世界地図(緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したもの)上に示した図である。

【図2】本発明による軌道六要素の設定方法を示すフローチャートである。

【図3】人工衛星の軌道を、本発明のアルゴリズムによって設定した軌道六要素に制御するための情報の流れを示す説明図である。

【図4】人工衛星の軌道制御のために人工衛星追跡管制設備にて実施される作業と情報の流れを示す説明図である。

【図5】人工衛星の軌道制御のために人工衛星内部で行われる処理と情報の流れを示す説明図である。

【図6】本発明のアルゴリズムによって得られた、三機の人工衛星を用いた軌道配置例に関して、地球を中心として軌道を俯瞰した説明図である。

【図7】本発明のアルゴリズムによって得られた軌道配置例2に関して、地球を中心として軌道を俯瞰した説明図である。

【図8】衛星放送システムとしての適用例を示す説明図である。

【図9】衛星放送システムの基地局としての適用例を示す説明図である。

【図10】衛星放送システムの衛星放送端末としての適用例を示す説明図である。

【図11】地上放送も受信できる衛星放送システムとしての適用例を示す説明図である。

【図12】衛星放送システムの地上放送局としての適用

例を示す説明図である。

【図13】衛星放送システムの衛星放送端末としての他の適用例を示す説明図である。

【図14】衛星放送システムとしての他の適用例を示す説明図である。

【図15】衛星放送システムの基地局としての他の適用例を示す説明図である。

【図16】衛星放送システムの衛星放送端末としての他の適用例を示す説明図である。

【図17】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図18】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図19】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図20】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図21】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図22】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図23】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図24】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図25】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図26】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図27】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図28】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図29】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図30】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図31】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図32】衛星通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図33】衛星間通信システムとしての適用例を示す説明図である。

【図34】地球観測システムとしての適用例を示す説明図である。

【図35】24時間周期の軌道を周回する人工衛星が、根室、札幌、仙台、新潟、東京、名古屋、金沢、大阪、広島、高知、福岡、鹿児島及び那覇から同時に仰角70度以上に可視となる時間長について、軌道傾斜角と離心率の組み合わせ毎にその最大同時可視時間長を示した特

性図である。

【図36】図35における最大同時可視時間が6時間45分以上になる部分について詳細に示した特性図である。

【図37】24時間周期の軌道の軌道要素である軌道傾斜角が42.5度、離心率が0.21で、根室、札幌、仙台、新潟、東京、名古屋、金沢、大阪、広島、高知、福岡、鹿児島及び那覇から同時に仰角70度以上に可視となる時間長が最大になった場合をシミュレーションした時の、当該軌道を周回する人工衛星が可視となる仰角の時間変化を示した図である。

【図38】24時間周期の軌道の軌道要素である軌道傾斜角が42.5度、離心率が0.21で、根室、札幌、仙台、新潟、東京、名古屋、金沢、大阪、広島、高知、福岡、鹿児島及び那覇から同時に仰角70度以上に可視となる時間長が最大になった場合をシミュレーションした時の、当該軌道を周回する人工衛星が那覇から可視となる方向を天空図で示した図である。

【図39】図35及び図36において、各軌道傾斜角において最長の最大同時可視時間を与える離心率と、その軌道傾斜角との組み合わせについて、近地点指数を変化させた時に、その組み合わせでの最大同時可視時間長がどのように変化するかを示した図である。

【図40】24時間周期、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点指数210度となる人工衛星の軌道の地上軌跡を世界地図上に示した図であり、この世界地図は緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したものである。

【図41】24時間周期、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点指数230度となる人工衛星の軌道の地上軌跡を世界地図上に示した図であり、この世界地図は緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したものである。

【図42】24時間周期、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点指数250度となる人工衛星の軌道の地上軌跡を世界地図上に示した図であり、この世界地図は緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したものである。

【図43】24時間周期、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点指数270度となる人工衛星の軌道の地上軌跡を世界地図上に示した図であり、この世界地図は緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したものである。

【図44】24時間周期、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点指数290度となる人工衛星の軌道の地上軌跡を世界地図上に示した図であり、この世界地図は緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したものである。

【図45】24時間周期、軌道傾斜角42.5度、離心率0.21、近地点指数310度となる人工衛星の軌道

の地上軌跡を世界地図上に示した図であり、この世界地図は緯度方向、経度方向について角度を等間隔で示したものである。

【図46】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図47】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図48】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図49】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図50】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図51】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図52】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図53】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図54】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図55】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図56】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図57】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図58】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図59】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図60】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【図61】24時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図

である。

【図 6 2】24 時間周期の楕円軌道が静止軌道と交差する場合の近地点指数を、楕円軌道の離心率毎に示した図である。

【符号の説明】

1…基準時刻から 1 日間に亘っての軌道の地上軌跡、2…基準時刻から 1095 日後から 1096 日後に亘っての軌道の地上軌跡、3…基準時刻から 2190 日後から 2191 日後に亘っての軌道の地上軌跡、4…基準時刻から 3650 日後から 3651 日後に亘っての軌道の地上軌跡、5…基準時刻の設定、6…人工衛星数 n の設定、7…近地点指数 ω の暫定値の設定、8…軌道長半径 a の暫定値の設定、9…離心率 e の暫定値の設定、10…軌道傾斜角 i の暫定値の設定、11…衛星番号 1 の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_1 と真近点離角 θ_1 の暫定値の設定、12…衛星番号 k の人工衛星の軌道の昇交点赤経 Ω_k と真近点離角 θ_k の暫定値の設定、13…計算機によるシミュレーション、14…評価、15…基準時刻における各人工衛星の軌道要素、17…基準時刻の軌道六要素、18…人工衛星追跡管制設備、19…制御コマンド、20、60、61、62…人工衛星、21…打上げ機追跡管制設備、22…目標投入軌道要素、23…打上げ機、24…送受信システム、25…測距システム、26…計算機システム、27…テレメトリ、レンジング信号、28…レンジング信号、29…距離及び距離変化率、30…軌道決定プログラム、31…軌道六要素、32…軌道制御プログラム、33…姿勢制御量、軌道制御量、34…コマンド生成プログラム、35…制御コマンド、36…コマンド、レンジング信号、37…通信系、38…データ処理系、39…姿勢軌道制御系、40…ガスジェット装置、41…姿勢制御アクチュエータ駆動、42…スラスタバブル駆動、50…地球、51…地球の赤道面、63…人工衛星 60 の軌道、64…人工衛星 61 の軌道、65…人工衛星 62 の軌道、66…軌道 63 の昇交点、67…軌道 64 の昇交点、68…軌道 65 の昇交点、70a…人工衛星 a、70b…人工衛星 b、70c…人工衛星 c、70d…人工衛星 d、71a…人工衛星 a の軌道 a、71b…人工衛星 b の軌道 b、71c…人工衛星 c の軌道 c、71d…人工衛星 d の軌道 d、72a…軌道 a の昇交点、72b…軌道 b の昇交点、72c…軌道 c の昇交点、72d…軌道 d の昇交点、90…本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星、91…人工衛星 90 を介して衛星放送を送信す

る基地局、92…人工衛星 90 を介して衛星放送を受信する衛星放送端末、93…地上放送局、94…地上放送と人工衛星 90 を介した衛星放送を受信する衛星放送端末、95…公衆回線や携帯電話等の地上通信網、96…地上通信網 95 を経由して衛星放送端末からの希望を受け入れることが可能な人工衛星 90 を介して衛星放送を送信する基地局、97…地上通信網 95 との通信機能を持ち人工衛星 90 を介して衛星放送を受信する衛星放送端末、98…人工衛星 90 を介して衛星通信を行う基地局、99…人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、100…全地球測位システムを構成する人工衛星、101…全地球測位システムを構成する人工衛星からの測位信号で己の位置を測定できる機能と共に人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、102…電気、ガス、水道の使用量を測定する機能と共に人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、103…情報ネットワークの情報を収集・中継する機能と共に人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、104…環境をモニタする機能を有すると共に人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、105…異常を検出する機能と共に人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、106…VICS 等の道路情報通知システム、107…道路情報、108…道路通知システム 106 からの道路情報 107 を受信する機能と共に人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、109…人工衛星、110…人工衛星 90 を介して衛星通信を行う衛星通信用送受信装置、111…地球観測センサを搭載した本発明の楕円軌道に適するような姿勢制御系、電源系、通信系、熱制御系などのサブシステムを具備する人工衛星、151…24 時間周期、軌道傾斜角 42.5 度、離心率 0.21、近地点指数 210 度となる人工衛星の軌道の地上軌跡、152…24 時間周期、軌道傾斜角 42.5 度、離心率 0.21、近地点指数 230 度となる人工衛星の軌道の地上軌跡、153…24 時間周期、軌道傾斜角 42.5 度、離心率 0.21、近地点指数 250 度となる人工衛星の軌道の地上軌跡、154…24 時間周期、軌道傾斜角 42.5 度、離心率 0.21、近地点指数 270 度となる人工衛星の軌道の地上軌跡、155…24 時間周期、軌道傾斜角 42.5 度、離心率 0.21、近地点指数 290 度となる人工衛星の軌道の地上軌跡、156…24 時間周期、軌道傾斜角 42.5 度、離心率 0.21、近地点指数 310 度となる人工衛星の軌道の地上軌跡。

【図1】

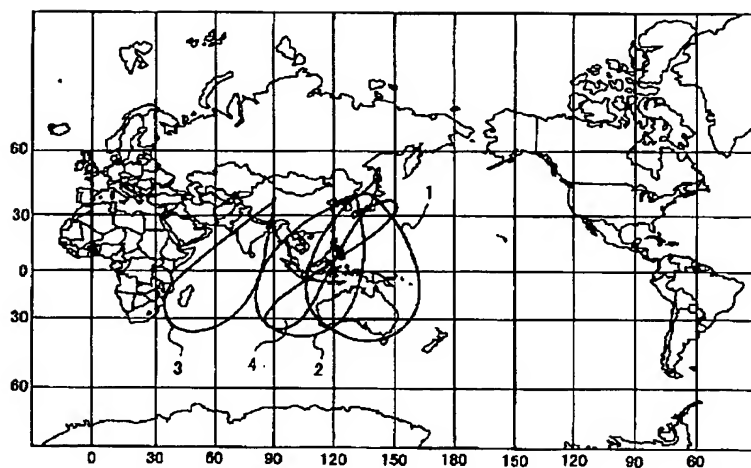
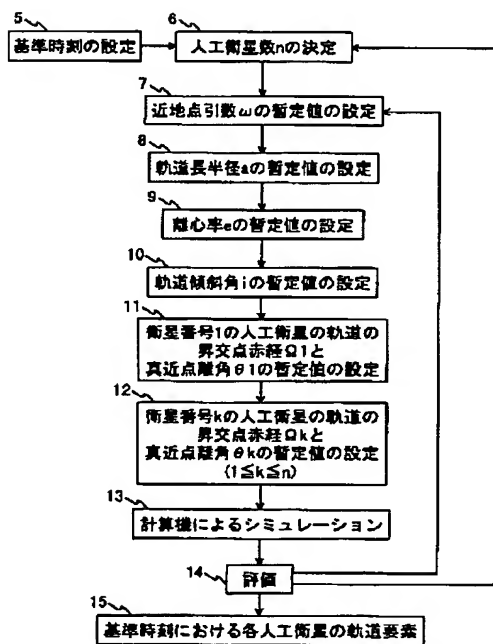


図 1

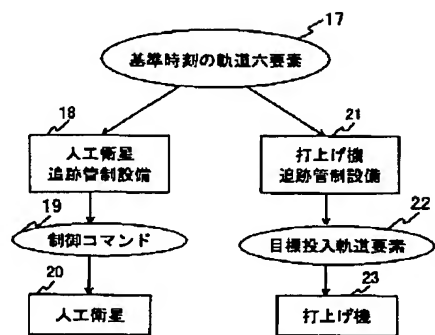
【図2】

図 2



【図3】

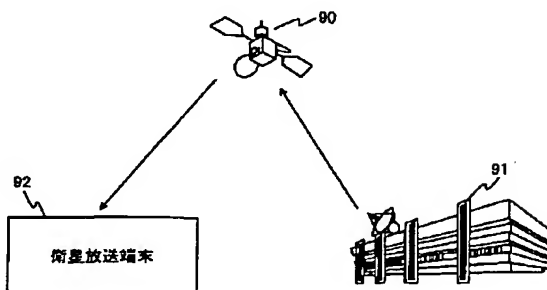
図 3



17…基準時刻の軌道六要素(データ)
 18…人工衛星追跡管制設備 19…制御コマンド(データ)
 20…人工衛星 21…打上げ機追跡管制設備
 22…目標投入軌道要素(データ) 23…打上げ機

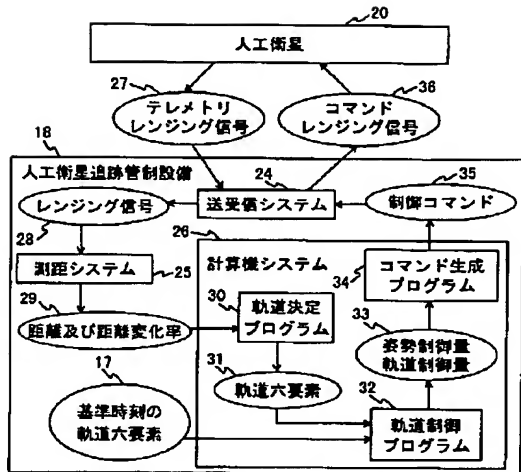
【図8】

図 8



【図4】

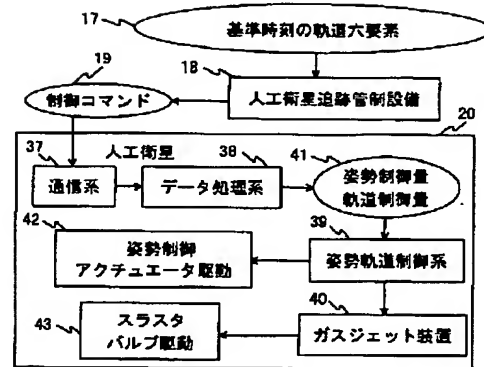
図 4



24…送受信システム 25…測距システム 26…計算機システム
 27…テレメトリ、レンジング信号 28…レンジング信号
 29…距離及び距離変化率 30…軌道決定プログラム 31…軌道六要素
 32…軌道制御プログラム 33…姿勢制御量、軌道制御量
 34…コマンド生成プログラム 35…制御コマンド
 36…コマンド、レンジング信号

【図5】

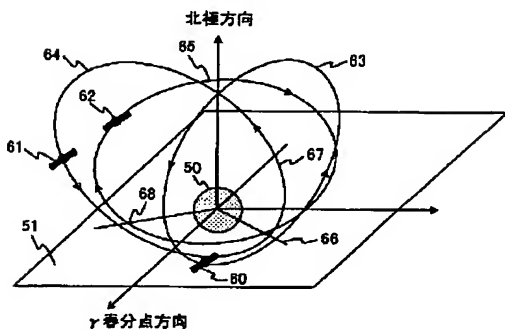
図 5



37…人工衛星搭載通信系 38…人工衛星搭載データ処理系
 39…人工衛星搭載姿勢軌道制御系 40…人工衛星搭載ガスジェット装置
 41…姿勢制御量、軌道制御量 42…姿勢制御アクチュエータ駆動(動作)
 43…スラスタバルブ駆動(動作)

【図6】

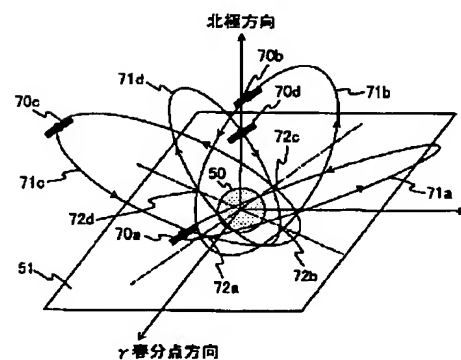
図 6



50…地球 51…地球の赤道面 60, 61, 62…人工衛星
 63…人工衛星60の軌道 64…人工衛星61の軌道
 65…人工衛星62の軌道 66…軌道63の昇交点 67…軌道64の昇交点
 68…軌道65の昇交点

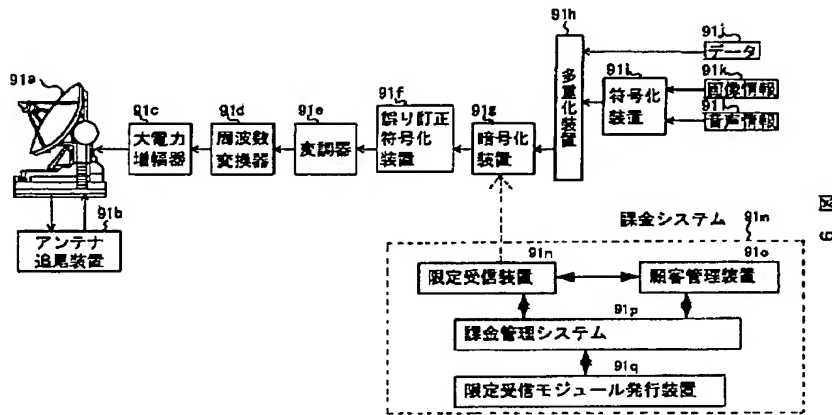
【図7】

図 7

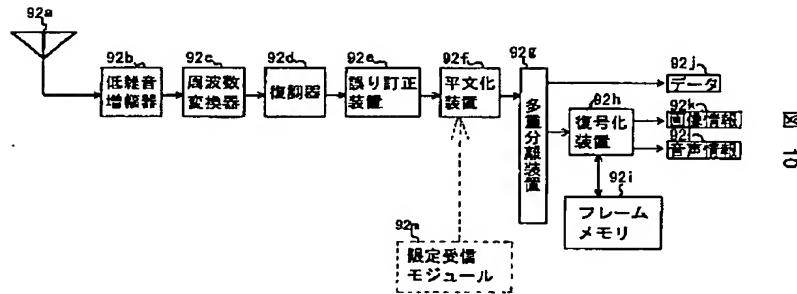


70a…人工衛星a 70b…人工衛星b 70c…人工衛星c 70d…人工衛星d
 71a…人工衛星70aの軌道 71b…人工衛星70bの軌道
 71c…人工衛星70cの軌道 71d…人工衛星70dの軌道
 72a…軌道71aの昇交点 72b…軌道71bの昇交点 72c…軌道71cの昇交点
 72d…軌道71dの昇交点

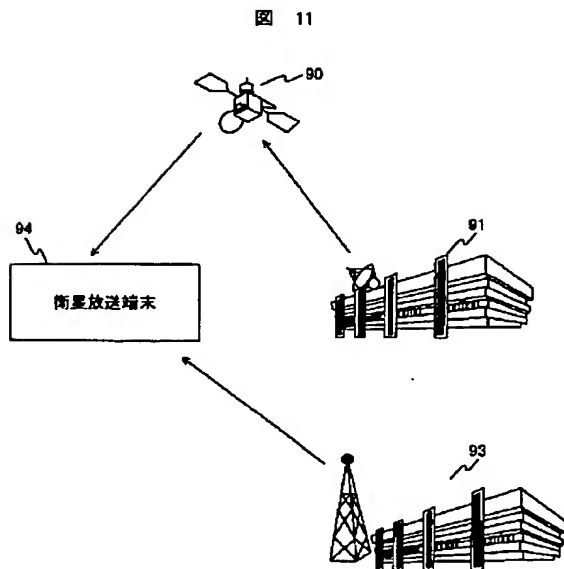
【図9】



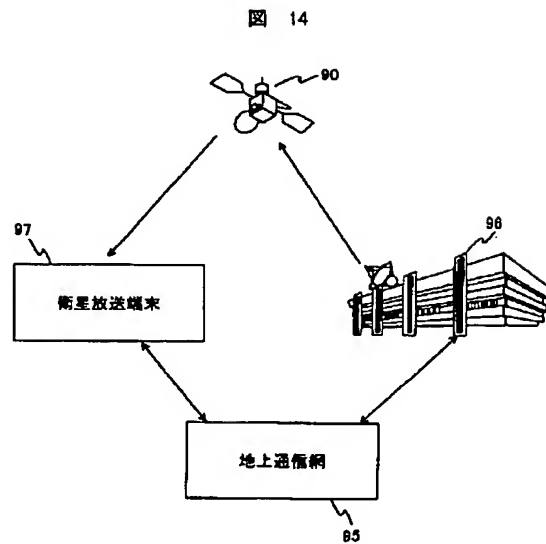
【図10】



【図11】



【図14】



【図12】

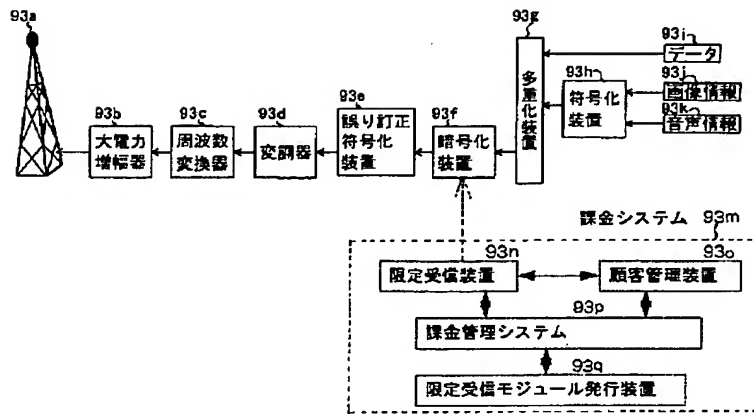


図12

【図13】

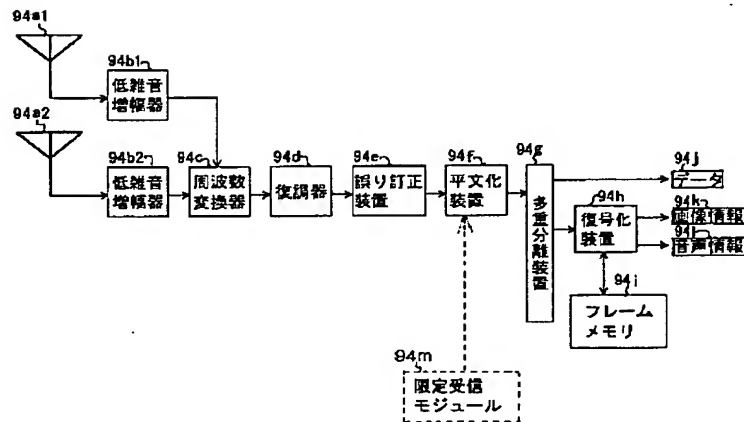


図13

【図15】

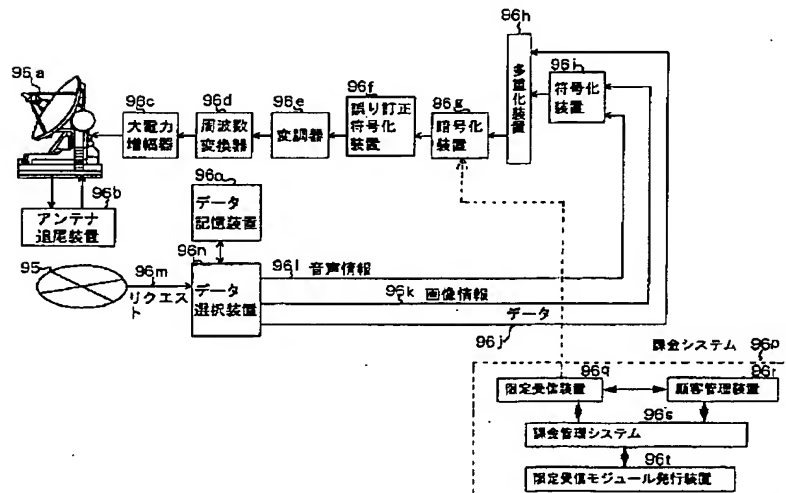
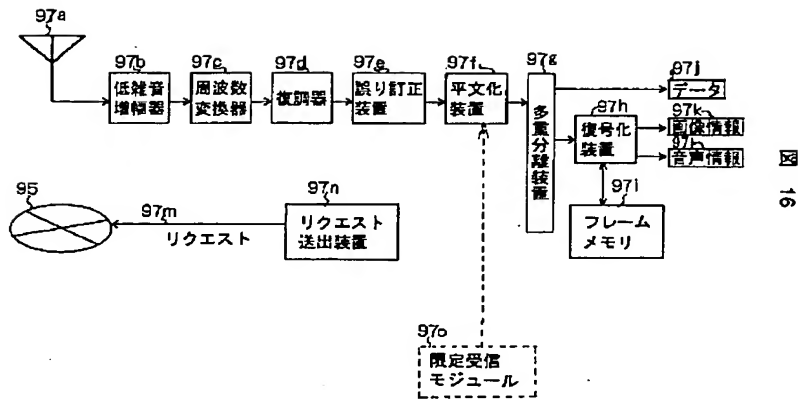
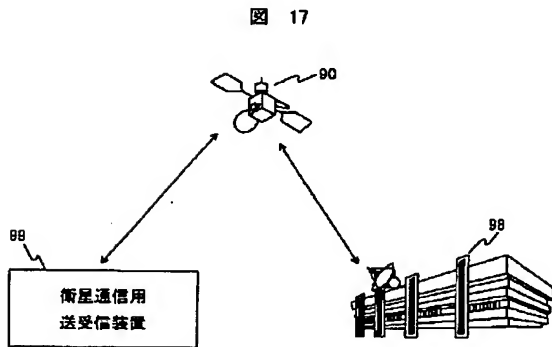


図15

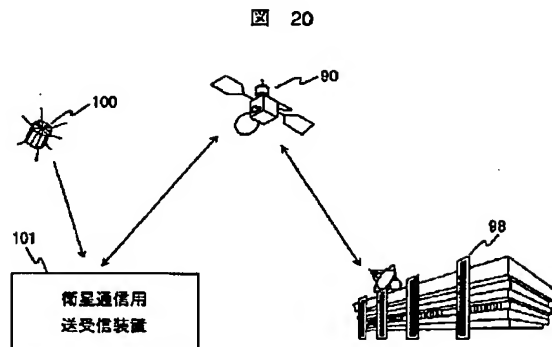
【図16】



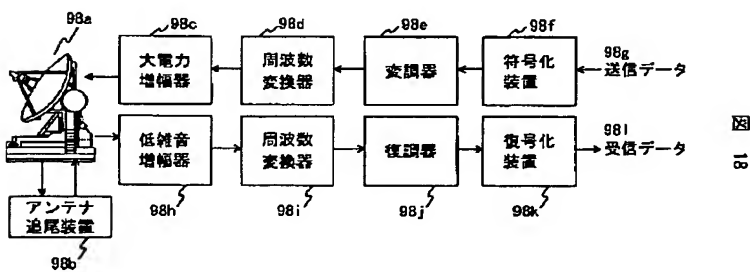
【図17】



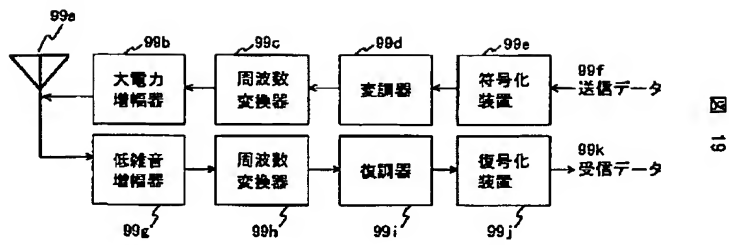
【図20】



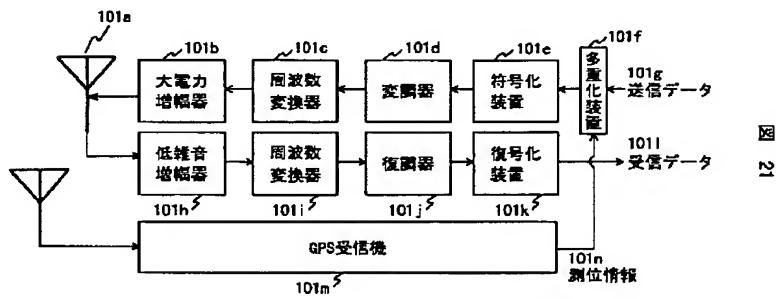
【図18】



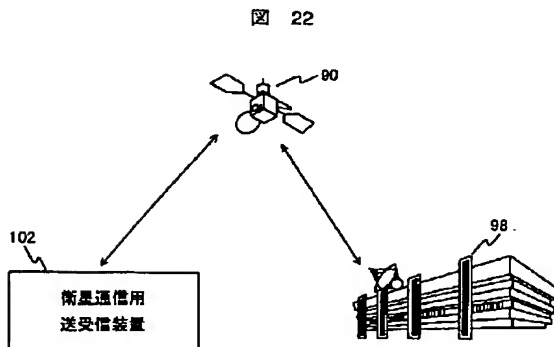
【図19】



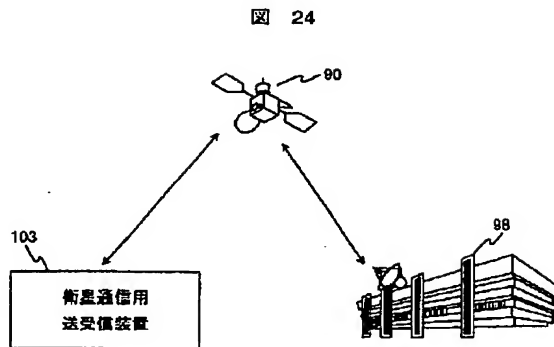
【図21】



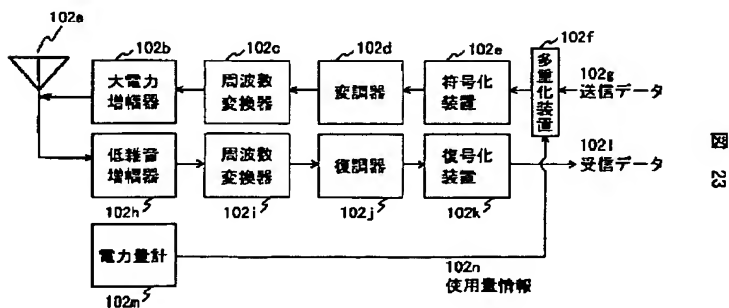
【図22】



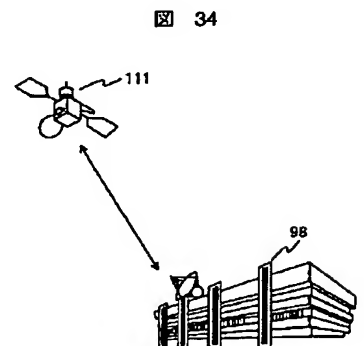
【図24】



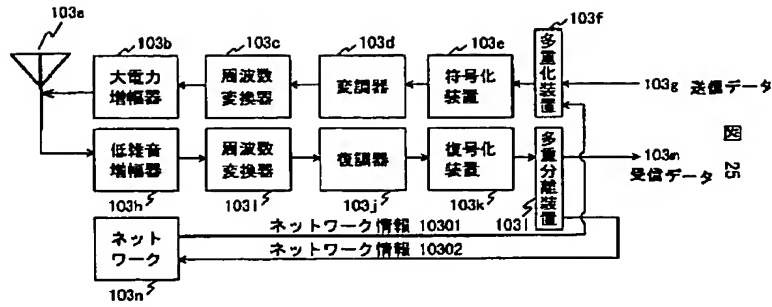
【図23】



【図34】

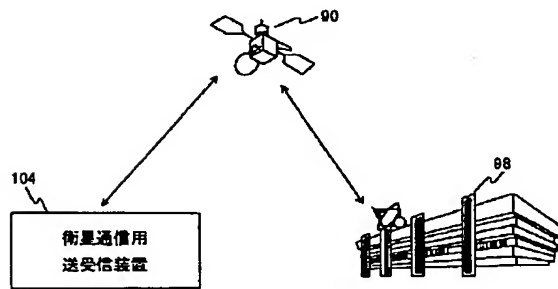


【図25】



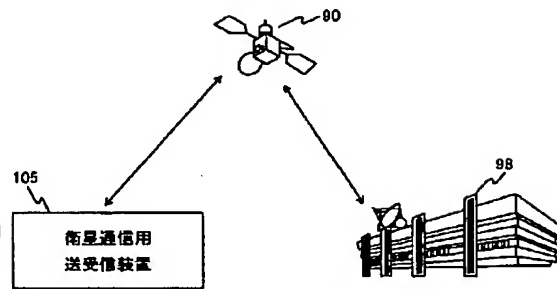
【図26】

図 26

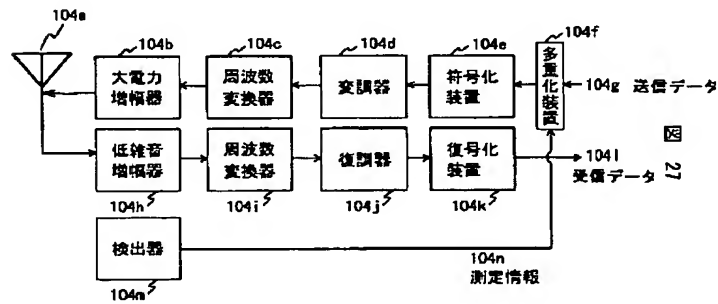


【図28】

図 28

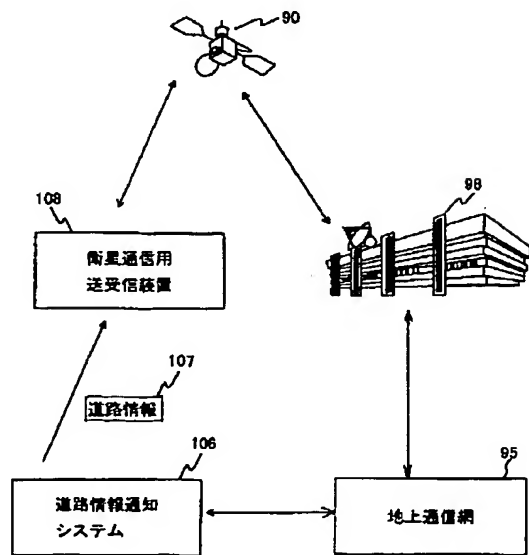


【図27】

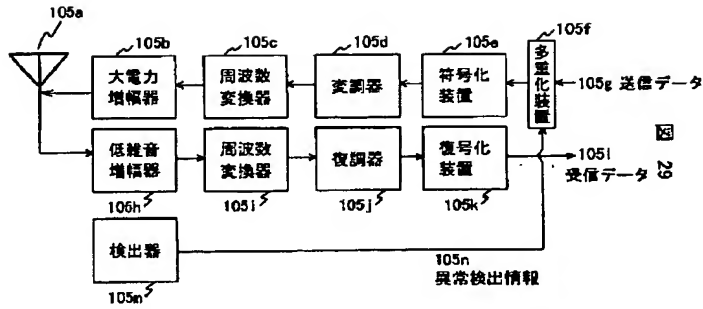


【図30】

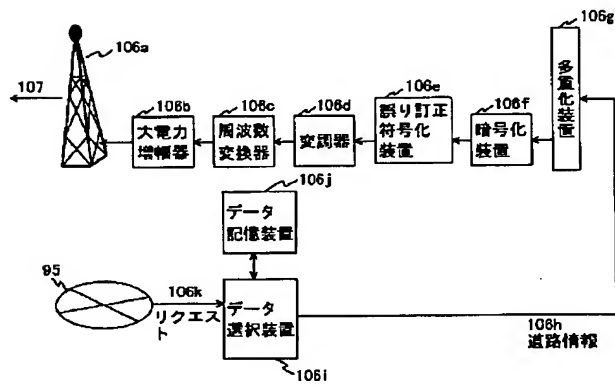
図 30



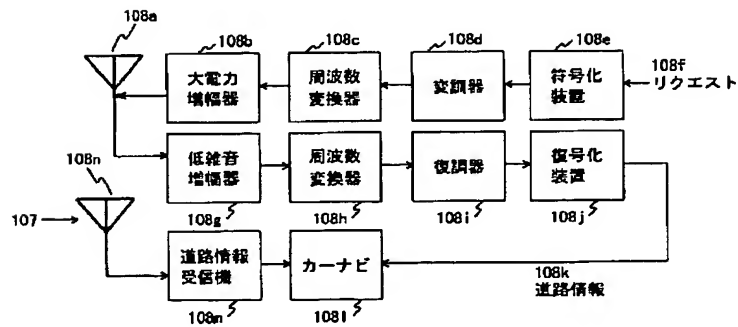
【図29】



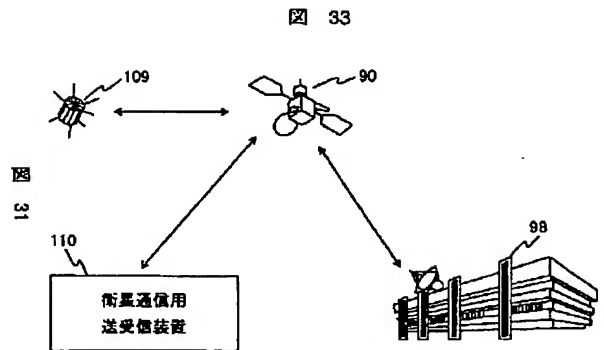
【図31】



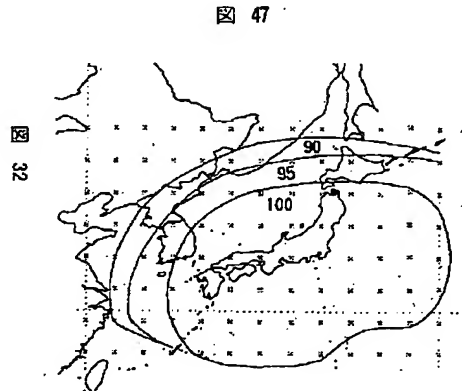
【図32】



【図33】

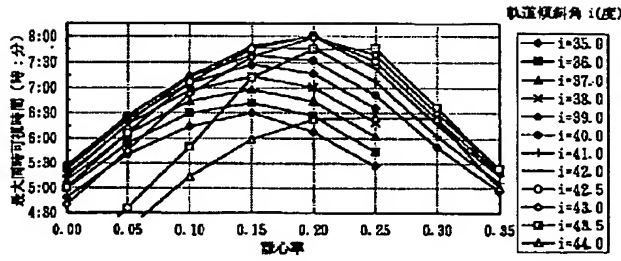


【図47】



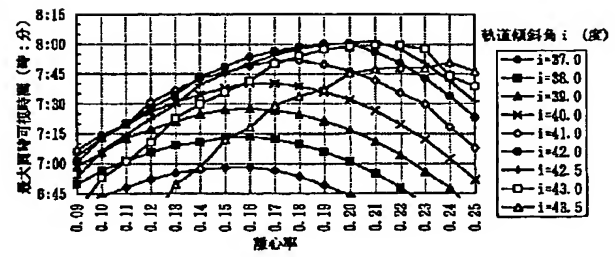
【图35】

图 35



【图36】

图 36



【图37】

$i=42.5\text{deg}$, $e=0.21$, $\omega=270\text{deg}$

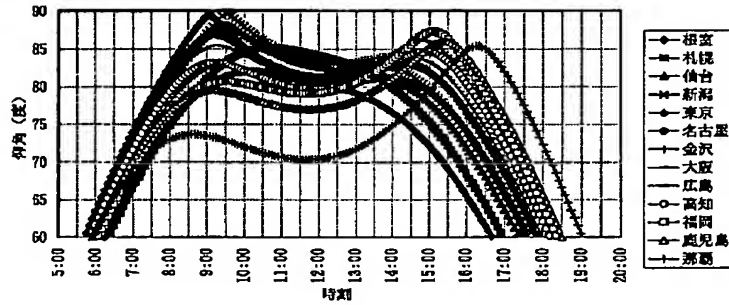
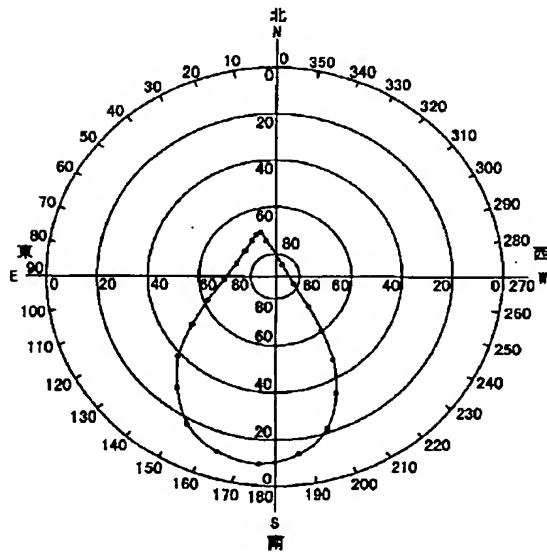


图 37

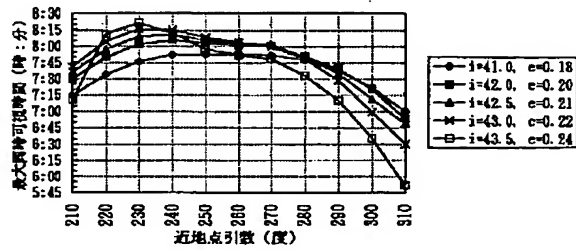
【图38】

图 38



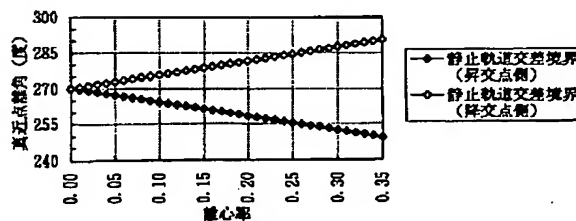
【图39】

图 39



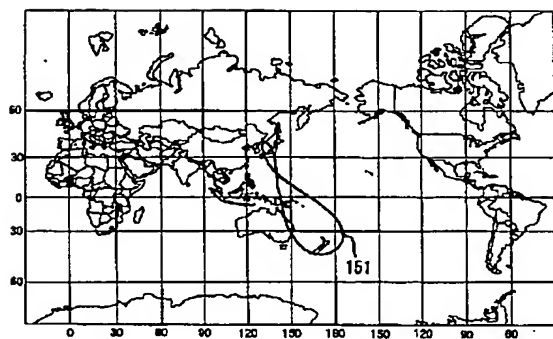
【图46】

图 46



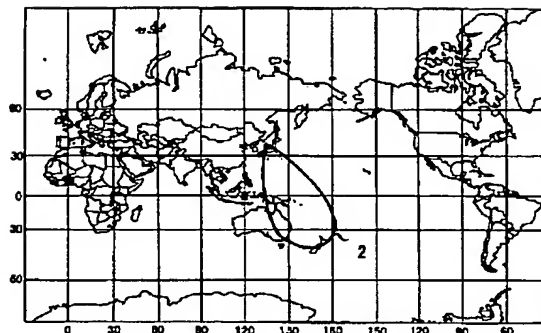
【図40】

図 40



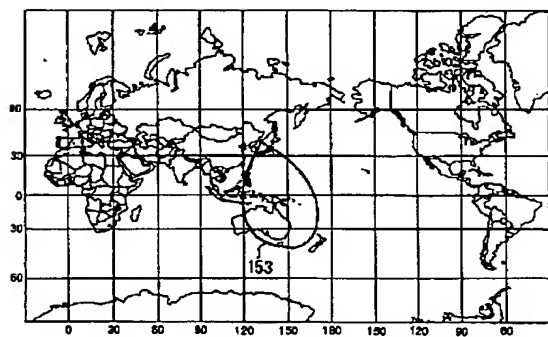
【図41】

図 41



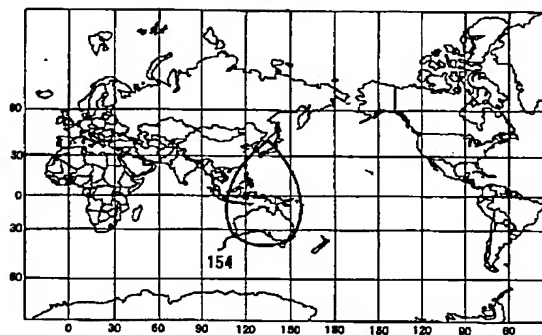
【図42】

図 42



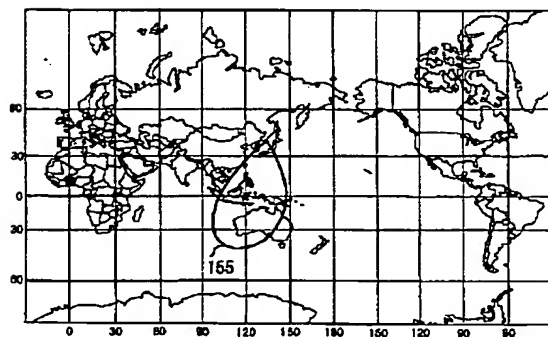
【図43】

図 43



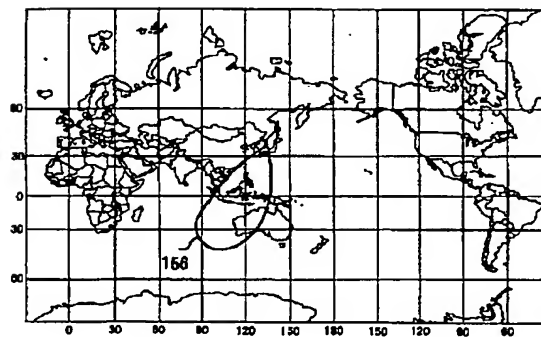
【図44】

図 44



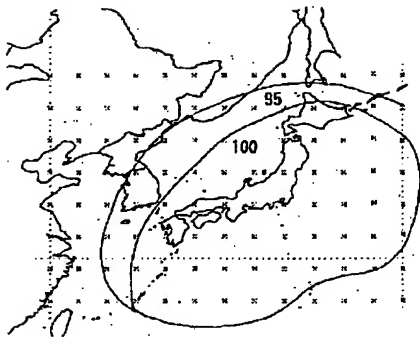
【図45】

図 45



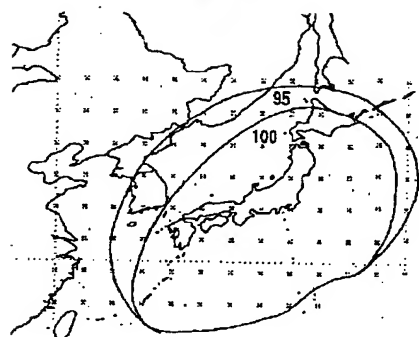
【図48】

図 48



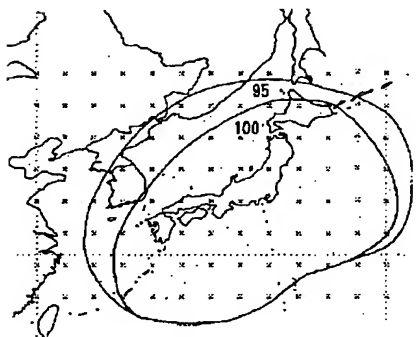
【図49】

図 49



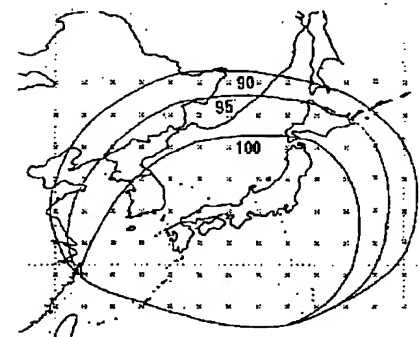
【図50】

図 50



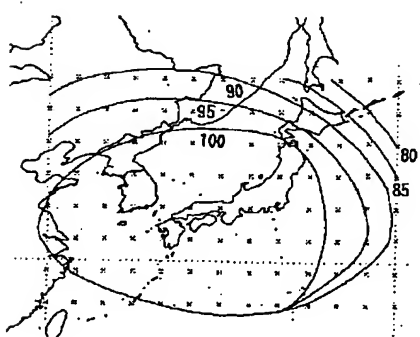
【図51】

図 51



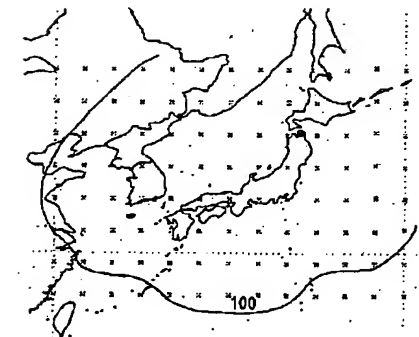
【図52】

図 52



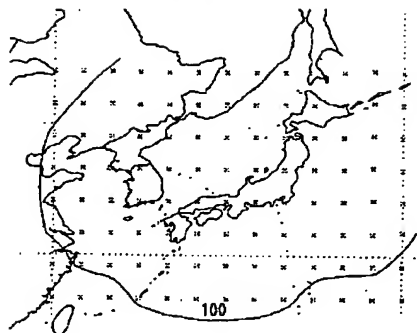
【図53】

図 53



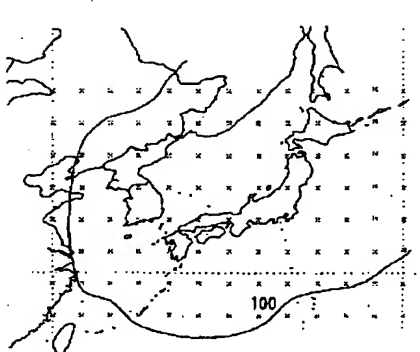
【図54】

図 54



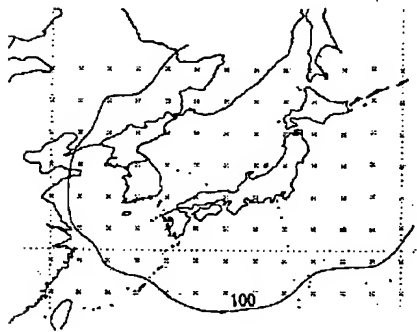
【図55】

図 55



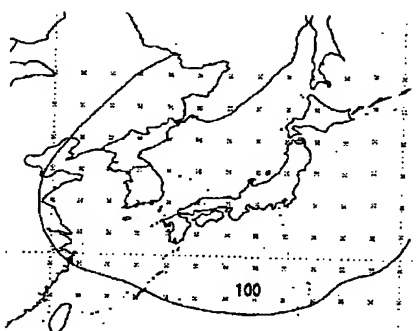
【図56】

図 56



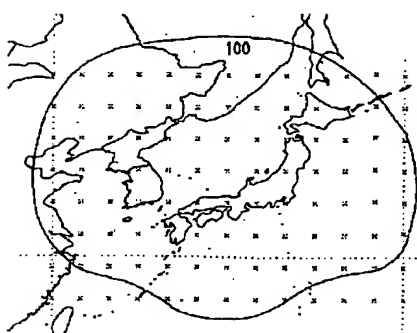
【図57】

図 57



【図58】

図 58



【図59】

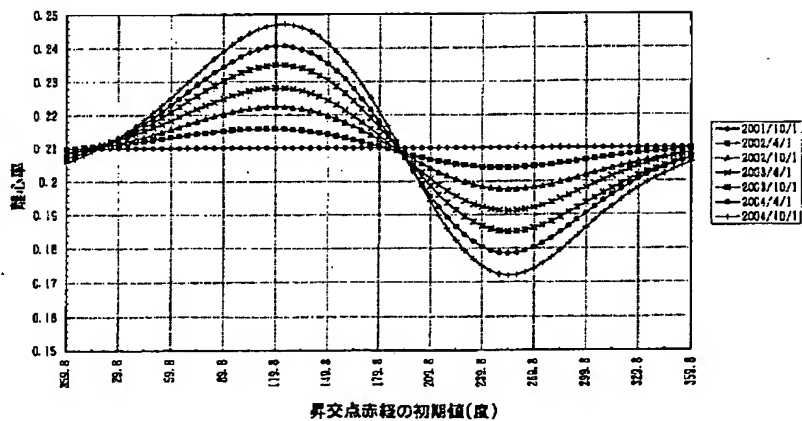


図 59

【図60】

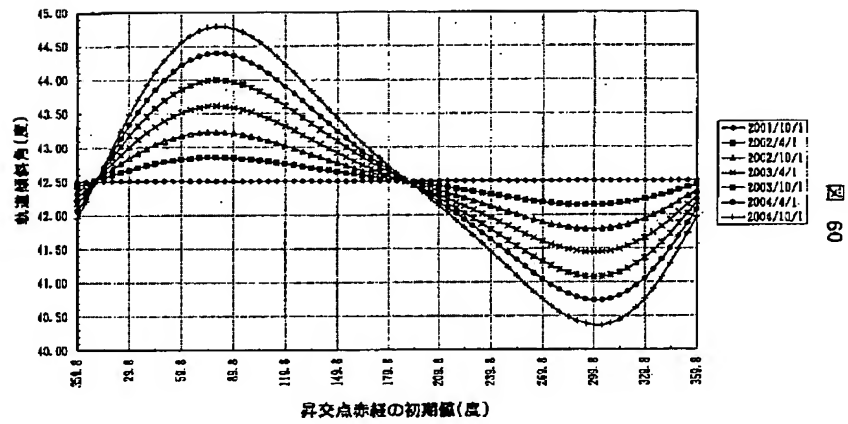


図 60

【図61】

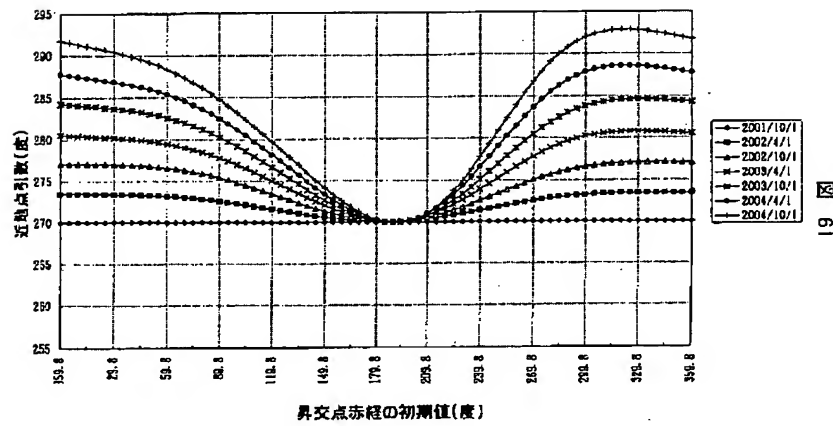


図 61

【図62】

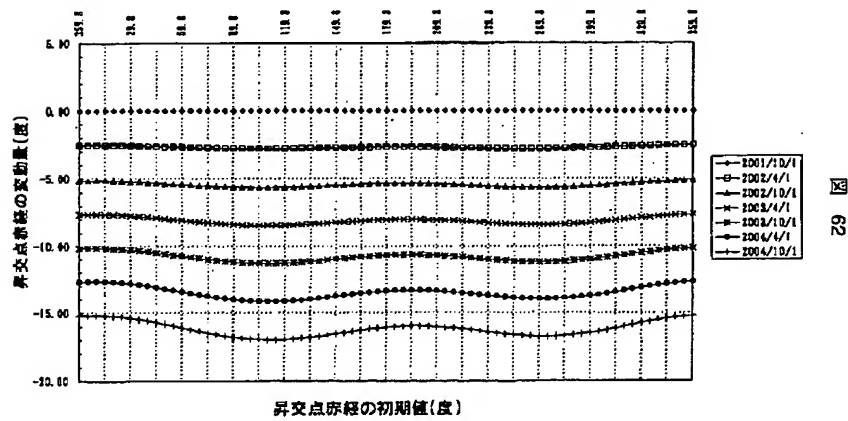


図 62

フロントページの続き

(72)発明者 浜野 亘男
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所宇宙技術開発推進本部内
(72)発明者 吉田 富治
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内

F ターム(参考) 5J062 AA08 AA13 BB01 CC07
5K072 AA19 BB03 BB04 BB14 BB17
BB22 BB27 CC31 DD03 DD04
DD16 DD17 DD19 FF19 GG06
GG22 GG32 GG33 GG36 GG39
GG44